সরল

পদার্থবিদ্যা।

শ্রীকৃষ্ণচন্দ্র বন্দ্যোপাধ্যায় কর্ত্তৃক

প্রণীত।

শিক্ষা বিভাগের ডাইরেক্টর মহোদয় কর্ত্তৃক মধ্য [illegible]

পরীক্ষার পাঠ্যপুস্তক।

শিক্ষা বিভাগের ডাইরেক্টর মহোদয় কর্ত্তৃক
মধ্য-ছাত্রবৃত্তি পরীক্ষার পাঠ্যভুক্ত।

সরল

পদার্থ বিদ্যা।

(অধ্যাপক ব্যালফোর ষ্টিওয়ার্ট প্রণীত Physics ও
অপরাপর গ্রন্থ অবলম্বনে লিখিত)

বিজ্ঞান প্রবেশ প্রণেতা
শ্রীকৃষ্ণচন্দ্র বন্দ্যোপাধ্যায় কর্ত্তৃক
প্রণীত।

দ্বিতীয় সংস্করণ।

সংশোধিত ও পরিবর্দ্ধিত।

কলিকাতা
২১১নং কর্ণওয়ালিস্ ষ্ট্রীট, বি, এম্, প্রেসে
শ্রীকার্ত্তিকচন্দ্র দত্ত দ্বারা মুদ্রিত ও প্রকাশিত।

দ্বিতীয় সংস্করণের বিজ্ঞাপন।

শিক্ষা-বিভাগের ডাইরেক্টর সাহেব মধ্য-ছাত্রবৃত্তি পরীক্ষার জন্য ব্যবস্থা করিয়াছেন যে, পদার্থবিদ্যা বিষয়ে কোন পুস্তক নির্দ্দিষ্ট থাকিবে না, কেবল পাঠ্য বিষয়গুলি বলিয়া দেওয়া হইবে। ইহাতে শিক্ষক ও ছাত্র উভয়েরই অসুবিধা হইয়াছে। ডাই-রেক্টর সাহেবের অনুমোদিত পাঠ্য-তালিকার সমস্ত পুস্তকগুলি না পড়িলে, কোন্ পুস্তকে নির্দ্দিষ্ট পাঠ্য বিষয়গুলি আছে, কোন্ পুস্তকে নাই, তাহা নিরূপণ করিতে পারা দুঃসাধ্য। তজ্জন্য কোন কোন বিদ্যালয়ের শিক্ষকগণ এমন পুস্তক ক্রয় করাইয়াছেন যে, তাহাতে সমস্ত পাঠ্য বিষয়গুলি নাই। আবার ইংরাজী বৈজ্ঞানিক শব্দ সকলের ন্যায় বাঙ্গালার সকল পুস্তকের বৈজ্ঞানিক শব্দগুলি একরূপ নহে। ইহাতে এক পুস্তক পাঠে অপর পুস্তক পাঠের ফল পাওয়া যায় না। সুতরাং, অপঠিত পুস্তক হইতে প্রশ্ন পড়িলে বালকদিগকে নিতান্ত বিপন্ন হইতে হয়। কতকগুলি মধ্যশ্রেণীর বিদ্যালয় পরিদর্শন করিতে গিয়া আমি এই দুই অসুবিধা দেখিয়াছি।

সরল পদার্থবিদ্যার প্রথম সংস্করণে ডাইরেক্টরের নির্দ্দিষ্ট পাঠ্য বিষয়ের কতকগুলির অভাব ছিল। এবারে সে বিষয়গুলি অতি সরল ভাষায় লিখিয়া যোজনা করিয়া দিলাম। এক্ষণে প্রচলিত সমস্ত বৈজ্ঞানিক পুস্তকের সকল প্রয়োজনীয় কথাই সরল পদার্থবিদ্যাতে সন্নিবেশিত হইল।

বৈজ্ঞানিক শব্দ সকলের একীভাব অদ্যাপি হয় নাই বলিয়া

পুস্তকের শেষে অস্মদ্দেশীয় বৈজ্ঞানিক গ্রন্থকর্ত্তাদিগের প্রত্যেকের ব্যবহৃত শব্দ সকল তালিকাকারে প্রদত্ত হইল।

পুস্তকখানি সর্ব্বাঙ্গ সুন্দর করিতে যত্নের ত্রুটী করি নাই।

কলিকাতা
২০শে ফাল্গুন
১২৯৮

নিবেদক
শ্রীকৃষ্ণচন্দ্র বন্দ্যোপাধ্যায়।

সূচীপত্র।

পদার্থ ও পদার্থ-বিদ্যা।

পদার্থের সাধারণ ধর্ম্ম।

গতি ও বল।

পাদার্থিক আকর্ষণ ও মাধ্যাকর্ষণ।

আণবিক আকর্ষণ।

কঠিন পদার্থের বিশেষ ধর্ম্ম।

দ্রব পদার্থের বিশেষ ধর্ম্ম।

বায়বীয় পদার্থের বিশেষ ধর্ম্ম।

পদার্থের কার্য্যকরী শক্তি।

শব্দ।

তাপ। (প্রথম প্রস্তাব)

আলোক।

তাপ। (দ্বিতীয় প্রস্তাব)

চুম্বক।

তড়িৎ।

পদার্থ বিদ্যার ভিত্তিভূমি।

সরল

পদার্থ-বিদ্যা

প্রথম অধ্যায়

প্রথম পরিচ্ছেদ

পদার্থ ও পদার্থ-বিদ্যা

১। **জড় পদার্থ কাহাকে বলে?**—আমরা চক্ষুর সাহায্যে আকৃতি ও বর্ণ অনুভব করি, কর্ণের সাহায্যে শব্দ শুনি, ত্বকের সাহায্যে স্পর্শ করি, জিহ্বার সাহায্যে রসাস্বাদন করি এবং নাসিকার সাহায্যে গন্ধ আঘ্রাণ করি। যাহার অস্তিত্বে আমাদের পাঁচটী বাহ্যেন্দ্রিয়ে এই সকল বিবিধ অনুভব উৎপন্ন হয়, তাহাই **জড় পদার্থ**।

২। **জড় পদার্থ কয় প্রকার?**—জড় পদার্থ তিন প্রকার—**মূল বা রূঢ়, যৌগিক ও মিশ্র**। আমরা জগতে অসংখ্য প্রকার জড় পদার্থ দেখিতে পাই। রসায়ন শাস্ত্রে নিরূপিত হইয়াছে যে, সমস্ত পদার্থই সত্তরটী মূল পদার্থ হইতে উৎপন্ন। মূল পদার্থ যখন অন্য কোন মূল পদার্থের সহিত মিলিত

না থাকে, তখন উহাতে একই পদার্থ থাকে, একের অধিক পদার্থ থাকিতে পারে না। প্রকৃতির মধ্যে মূল পদার্থগুলি বিশুদ্ধ মৌলিক অবস্থায় প্রায় থাকে না; জগতের অধিকাংশ পদার্থ দুই, তিন কি চারিটী মূল পদার্থের সংযোগে উৎপন্ন। লৌহ একটী মূল পদার্থ; খাঁটি লৌহের ভিতর লৌহই থাকে, অপর কোন পদার্থ থাকে না। কিন্তু বায়ুর অম্লজনক গ্যাস লৌহের সহিত সংযুক্ত হইলে মরিচা পড়ে। লৌহের মরিচা মূল পদার্থ নহে, লৌহ ও অম্লজনকের সংযোগে উৎপন্ন একটী যৌগিক পদার্থ। অম্লজনক ও অম্লজনক গ্যাস দুইটী মূল পদার্থ; উহাদের সংযোগে যে যৌগিক পদার্থটী উৎপন্ন হয়, তাহার নাম জল। বিশুদ্ধ লৌহ মূল পদার্থ বটে, কিন্তু বিশুদ্ধ জল মূল পদার্থ নহে। জল যতই বিশুদ্ধ হউক না কেন, উহাতে একের অধিক অর্থাৎ দুইটী মূল পদার্থ থাকিবেই থাকিবে-- অম্লজনক ও অম্লজনক। যে ধর্ম্মের গুণে ভিন্ন ভিন্ন মূল পদার্থ সংযুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ প্রস্তুত করে এবং যৌগিক পদার্থ সকল মূল পদার্থগুলিকে সহজে বিশ্লিষ্ট হইতে দেয় না, তাহাকে **রাসায়নিক সংসক্তি** কহে। রাসায়নিক সংসক্তিক্রমে কয়েকটী মূল পদার্থ সংযুক্ত হইলে যৌগিক পদার্থটীর ধর্ম্ম মূল পদার্থগুলির ধর্ম্ম হইতে বিভিন্ন হয়। অম্লজনক ও অম্লজনকের যে ধর্ম্ম, উহাদের সংযোগে উৎপন্ন জলের সে ধর্ম্ম নয়। আবার রাসায়নিক সংসক্তিক্রমে যে সংযোগ হয়, তাহাতে মূল পদার্থগুলির নির্দ্দিষ্ট পরিমাণ থাকে। এক ভাগ অম্লজনক দুই ভাগ অম্লজনকের সহিত সংযুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন হয়; যে জলই লওনা, উহাতে অম্লজনক এক ভাগ ও অম্লজনক দুই ভাগ থাকিবেই

থাকিবে। কিন্তু জগতে আর এক প্রকার যুক্ত পদার্থ আছে, তাহাতে মূল পদার্থগুলির মিলনে এরূপ নির্দ্দিষ্ট পরিমাণের নিয়মও নাই এবং মিলিত পদার্থগুলির ধর্ম্মবিপর্য্যয়ও ঘটে না। এরূপ পদার্থকে **মিশ্র** পদার্থ কহে। বায়ু একটী মিশ্র পদার্থ। উহাতে অম্লজনক ও যবক্ষারজনক যে একটা বাঁধা-বাঁধি নির্দ্দিষ্ট পরিমাণে—অর্থাৎ ঠিক্ দুই ভাগ অম্লজনকের সহিত ঠিক্ তিন ভাগ যবক্ষারজনক—মিলিত হইয়াছে, তাহা নহে, এবং উহাতে অম্লজনক ও যবক্ষারজনকের ধর্ম্ম-বিপর্য্যয়ও ঘটে নাই; যাহার যে ধর্ম্ম তাহা বজায় আছে।

৩। পদার্থবিদ্যার আলোচ্য বিষয় কি?—মূল জড় পদার্থ কি প্রণালীতে সংযুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ প্রস্তুত করে এবং যৌগিক পদার্থ কি প্রণালীতে বিশ্লিষ্ট হয়, তাহা রসায়ন শাস্ত্রে আলোচিত হয়। এ সকল জড় পদার্থের মূল গঠনের নির্ম্মাণ, পরিবর্ত্তন ও ধ্বংস ঘটিত ব্যাপার। কিন্তু মূল গঠন অক্ষুণ্ণ থাকিয়াও জড় পদার্থের নানা ভাব পরিবর্ত্তন হইতে পারে। একটা কামানের গোলা কখন শীতল, কখন উত্তপ্ত হইতে পারে; কখন স্থির নিশ্চল ভাবে ঘরের মেজেতে পড়িয়া রহিয়াছে, কখন কামানের মুখ হইতে দ্রুতবেগে ছুটিতেছে। একই গোলার এইরূপ নানা ভাব পরিবর্ত্তন ঘটিতেছে, কিন্তু গোলাটীর পদার্থগত কোন পরিবর্ত্তন ঘটে নাই। **জড় পদার্থের মৌলিক গঠন অক্ষুণ্ণ থাকিয়া যে নানা ভাব পরিবর্ত্তন ঘটিতে পারে তাহার আলোচনা করাই পদার্থ বিদ্যার উদ্দেশ্য।**

৪। জড় পদার্থের সামগ্রীপরিমাণ ও গাঢ়তা—একটী বাটীতে জল কিংবা পারদ ছাপাছাপি রাখিলে বাটীর খোল যত, জল কিংবা পারদের **আয়তন** তত হইবে। দুইটী সমান বাটীর একটীতে জল ও অপরটীতে পারদ রাখিলে জল ও পারদের আয়তন সমান হইবে। আয়তন সমান হইল বটে, কিন্তু **সামগ্রীপরিমাণ** সমান হইবে না। জলের বাটীতে যত সামগ্রী, পারদের বাটীতে তাহার সাড়ে তের গুণ সামগ্রী। এক সের বাটীতে এক সের জল ধরে, কিন্তু এক সের বাটীতে ১৩৷৷০ সের পারদ ধরে। সুতরাং দেখা যাইতেছে, যে বস্তুতে সামগ্রীপরিমাণ অধিক সে বস্তুর **গাঢ়তাও** অধিক। পারদ জল অপেক্ষা ১৩৷৷০ গুণ অধিক গাঢ় না হইলে, এক সের বাটীতে এক সের জলের স্থানে ১৩৷৷০ সের পারদ ধরিবে কেন? দুগ্ধ গাঢ় হইয়া ক্ষীর হয়। ক্ষীর যদি দুগ্ধ অপেক্ষা চারি গুণ গাঢ় হয়, তবে যে বাটীতে এক সের দুগ্ধ ধরে সে বাটীতে অবশ্যই চারি সের ক্ষীর ধরিবে।

৫। জড় পদার্থের গঠন—কি মূল, কি যৌগিক, কি মিশ্র, সর্ব্বপ্রকার পদার্থই অসংখ্য অংশে বিভক্ত হইতে পারে। রসায়নবিদ্যাবিৎ পণ্ডিতেরা পরীক্ষা দ্বারা স্থির করিয়াছেন যে পদার্থের এমন অতি সূক্ষ্ম অংশ আছে, যাহা আর বিভাগ করা যায় না। মূল পদার্থের এইরূপ সূক্ষ্ম অংশকে **পরমাণু** বলে। কোন পদার্থেরই পরমাণু স্বাধীন ভাবে পৃথক্ এক একটী থাকিতে পারে না। দুই, তিন কি চারিটী একত্র হইয়া এক একটী **অণু** গঠিত হয়। মূল পদার্থের পরমাণু

সকল স্বতন্ত্র পরমাণুর অবস্থায় থাকিতে পারে না, মিলিত হইয়া অণুর অবস্থায় থাকে। সুতরাং যৌগিক ও মিশ্র পদার্থ একাধিক মূল পদার্থের মিলনে উৎপন্ন বলিয়া, তাহার পরমাণু থাকা সম্ভব নহে; তাহার সূক্ষ্মতম অংশ সকলকে **অণু** কহে।

যে পদার্থ যত ঘন সন্নিবিষ্ট হউক না, উহার অণু সকলের মধ্যে কিঞ্চিৎ কিঞ্চিৎ **অন্তর** অর্থাৎ ফাঁক থাকিবেই থাকিবে। **আণবিক আকর্ষণ** গুণে সকল পদার্থেরই অণুগুলি পরস্পর নিকটবর্ত্তী হইতে চাহে; কিন্তু **আণবিক আকর্ষণ** গুণে তাহারা পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হইতে চায়। আণবিক বিকর্ষণের অপর নাম **তাপ**। কেবল আকর্ষণ গুণটী থাকিলে জগতের সমস্ত পদার্থ কঠিন হইতে কঠিনতর হইত। কেবল বিকর্ষণ গুণটী থাকিলে কোন পদার্থই গঠিত হইতে পারিত না। উভয় গুণ থাকাতেই পদার্থ সকল গঠিত হইতে পারিয়াছে এবং অণু সকলের মধ্যে কিঞ্চিৎ কিঞ্চিৎ ব্যবধান রহিয়াছে।

৬। **পদার্থের তিন অবস্থা**।—আণবিক আকর্ষণ ও বিকর্ষণের তারতম্যে পদার্থের তিন অবস্থা হইয়াছে। বিকর্ষণ অপেক্ষা আকর্ষণ যখন প্রবল হয়, তখন **কঠিন** অবস্থা হয়; আকর্ষণ ও বিকর্ষণ যখন প্রায় সমান হয়, তখন **দ্রব** অবস্থা হয়; আর যখন আকর্ষণ অপেক্ষা বিকর্ষণ প্রবল হয়, তখন **বায়বীয়** অবস্থা হয়।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

পদার্থের সাধারণ ধর্ম্ম

৭। **পদার্থের সাধারণ ও বিশেষ ধর্ম্ম**।—যে সকল ধর্ম্ম সকল পদার্থের সকল অবস্থাতেই থাকে, তাহাকে **সাধারণ**, এবং যে সকল ধর্ম্ম কতকগুলি পদার্থের থাকে, কতকগুলির থাকে না, কিংবা কোন কোন অবস্থায় ঘটে, কোন কোন অবস্থায় ঘটে না, তাহাকে **বিশেষ** ধর্ম্ম কহে। **বিস্তৃতি**, * **স্থানাবরোধকতা, বিভাজ্যতা, অনশ্বরত্ব, সান্তরতা, আকুঞ্চনীয়তা, স্থিতিস্থাপকতা, নিশ্চেষ্টতা** এবং **ভার** এই গুলি জড় পদার্থ মাত্রেরই আছে, সুতরাং এ গুলি সাধারণ ধর্ম্ম। **কাঠিন্য, তারল্য, বর্ণ** প্রভৃতি গুণ কোন পদার্থের আছে, কোন পদার্থের নাই; সুতরাং এ গুলি বিশেষ ধর্ম্ম।

৮। বিস্তৃতি কাহাকে বলে?—**কোন পদার্থ যতটুকু স্থান অধিকার করিয়া থাকে সেই স্থানটুকুর পরিমাণই উহার বিস্তৃতি।** অধিকৃত স্থানটুকুর তিনটী পরিমাণ—দৈর্ঘ্য, বিস্তার ও বেধ অথবা উচ্চতা। পদার্থের বিস্তৃতির কেবল একদিক্ ধরিলে একটী রেখা পাওয়া যায়,

---

* বিস্তৃতি, আকৃতি, নিশ্চেষ্টতা, অনশ্বরত্ব ও অচেতনত্ব এই কয়টী সাধারণ গুণকে মহেন্দ্র বাবু জড়ের স্বাভাবিক গুণ বলিয়া বিশেষ করিয়াছেন।

দুই দিক্ ধরিলে একটী **ক্ষেত্র** পাওয়া যায়, তিন দিক্ ধরিলে **আয়তন** পাওয়া যায়। বিস্তৃতি আছে বলিয়া পদার্থ মাত্রেরই **আকৃতি** আছে। কেহ কেহ আকৃতিকে জড় পদার্থের একটী পৃথক্ গুণ বলেন।

৯। **স্থানাবরোধকতা কাহাকে বলে?—দুইটী পদার্থ একই কালে একই স্থান অধিকার করিয়া থাকিতে পারে না। এই ধর্ম্মটীকে স্থানাবরোধকতা বলে।** একটী জলপূর্ণ কলসীতে হাত ডুবাইলে, হাত কলসীর মধ্যে যতটুকু স্থান অধিকার করিবে, ততটুকু স্থানের জল কলসী ছাপাইয়া পড়িয়া যাইবে। কলসীর মধ্যে হাত যেখানে গেল, সেখানে অগ্রে জল ছিল। দ্রব পদার্থ জল কঠিন পদার্থ হস্তের নিকট পরাজিত হইয়া, স্বস্থান ছাড়িয়া বাহিরে পলাইল, আর হস্ত সেই স্থান অধিকার কবিল। যদি পদার্থের স্থানাবরোধকতা গুণ না থাকিত, তাহা হইলে জলকে সরিয়া পলাইতে হইত না, হস্ত ও জল একত্রে একস্থানে থাকিতে পারিত।

১০। **বিভাজ্যতা কাহাকে বলে?—পদার্থ মাত্রই অসংখ্য ভাগে বিভক্ত হইতে পারে। এই ধর্ম্মকে বিভাজ্যতা বলে।** সর্ষপ-প্রমাণ মৃগনাভি ঘরে রাখিলে বহু বৎসর ঘর গন্ধময় থাকে, অথচ মৃগনাভিটুকুর ভার কমে না। মনুষ্যের রক্ত প্রকৃতপক্ষে শ্বেতবর্ণ, উহাতে অসংখ্য লোহিত বর্ণ ডিম্ব ভাসিতেছে বলিয়া শ্বেতবর্ণ পদার্থ লোহিত বর্ণ দেখায়। একটী সূচ্যগ্রে যতটুকু রক্ত ঝুলিয়া থাকিতে পারে, তন্মধ্যে প্রায় দশ লক্ষ লোহিতবর্ণ ডিম্ব থাকে। মনুষ্য-রক্তে এই ডিম্বের ব্যাস

এক ইঞ্চের ৩,৫০০ ভাগের এক ভাগও হইবে না। অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে এই ডিম্ব অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর কীটাণু দেখা গিয়াছে। উহারা উহাদের অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর কীটাণু ভক্ষণ করিয়া প্রাণ ধারণ করে। এই সকল ভক্ষিত কীটাণুর শিরাতে যদি রক্ত স্রোত চলে, তাহা হইলে সেই রক্তে ডিম্ব গুলির পরিমাণ কত ক্ষুদ্র!

পদার্থ এত ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত হইতে পারে বটে, কিন্তু বিভাজ্যতা-গুণের একটা সীমা আছে। কোন চাক্ষুষ পরীক্ষা দ্বারা এই সীমা নির্দ্ধারণ করা যায় না। পদার্থ সকলের রাসায়নিক সংযোগ ক্রিয়াতে এমন অনেক ব্যাপার দেখা যায়, যাহাতে পণ্ডিতগণ অনুমান করিয়াছেন যে, পদার্থের এমন অতি সূক্ষ্ম অংশ আছে, যাহাকে বিভাগ করা যায় না। সেই অংশের নাম **পরমাণু**। পদার্থমাত্রই পরমাণুপুঞ্জের সমষ্টিতে গঠিত। পদার্থমাত্রেরই বিভাজ্যতা-গুণ আছে বটে, কিন্তু পদার্থের সূক্ষ্মতম অংশ-পরমাণুর-বিভাজ্যতা গুণ থাকা অসম্ভব।

১১। **অনশ্বরত্ব কাহাকে বলে?**—জগতের সকল পদার্থেরই ভাবান্তর রূপান্তর ও গুণান্তর হইতেছে বটে, কিন্তু একটী পরমাণুরও ধ্বংস নাই। অম্লজনক ও অজ্জনক গ্যাস মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন হইলে মনে হয় যে, উক্ত গ্যাসদ্বয়ের ধ্বংস হইল। কিন্তু বাস্তবিক তাহা নহে। অম্লজনক ও অজ্জনক গ্যাসের যতগুলি পরমাণু মিলিয়া জল হইবে, উৎপন্ন জলে ঠিক্ ততগুলি পরমাণু থাকিবে। ইহার প্রমাণ এই যে, মিলিত গ্যাসদ্বয়ের পৃথক্ অবস্থায় যত ভার ছিল, উৎপন্ন জলেরও ঠিক্

তত ভার হইবে, এক বিন্দু কমি বেশী হইবে না। কোন দ্রব্য আহার করিলে উহা রক্ত, মল, মূত্র প্রভৃতিতে পরিণত হয়, এক বিন্দুও নষ্ট হয় না। জীব-দেহাদি পুড়িলে ভস্ম, ধূম, প্রভৃতিতে রূপান্তরিত হয়, এক কণাও নষ্ট হয় না। **যে গুণ থাকাতে জড় পদার্থ নানা অবস্থা-পরিবর্ত্তন সত্ত্বেও কণামাত্র নষ্ট হয় না, তাহাকে অনশ্বরত্ব বলে।**

১২। সান্তরতা কাহাকে বলে?—প্রত্যেক পদার্থের অণুগুলির মধ্যে অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অন্তর আছে। এইরূপ অন্তর থাকা গুণকেই পদার্থের সান্তরতা বলে। অন্তর দুই প্রকার:—**অণুমধ্যস্থ ও ইন্দ্রিয়গোচর।** অণুমধ্যস্থ অন্তর এত ক্ষুদ্র যে, অণুগুলির মধ্যে আণবিক আকর্ষণ বিকর্ষণের কোন ব্যাঘাত হয় না। তাপের হ্রাস বৃদ্ধিতে পদার্থ সকল সঙ্কুচিত ও প্রসারিত হয়; ইহা অণুমধ্যস্থ অন্তরের হ্রাস বৃদ্ধির উপর নির্ভর করে। ইন্দ্রিয়গোচর অন্তর অণুমধ্যস্থ অন্তরের ন্যায় অতি ক্ষুদ্র নহে; উহার মধ্য দিয়া আণবিক আকর্ষণ বিকর্ষণের কার্য্য চলে না। মনুষ্য-শরীর দিয়া ঘর্ম্ম বাহির হয়, ব্লটিং কাগজে জল শোধন করে; এ সকল ইন্দ্রিয়-গোচর অন্তরের কার্য্য।

এক খণ্ড খড়ি জলে ডুবাইলে বুদ্‌বুদ্ উঠিতে থাকে। খড়ির ইন্দ্রিয়-গোচর অন্তরগুলির ভিতর যে বায়ু ছিল, তাহা তাড়াইয়া জল প্রবেশ করাতেই বায়ু বুদ্‌বুদ্ আকারে জলের উপরে উঠে। এখন এই ভিজা খড়ির যত ভার, তাহা হইতে শুষ্ক খড়ির ভার বিয়োগ করিলে খড়ির ভিতরে প্রবিষ্ট

জলের ভার পরিমাণ ঠিক্ করা যায়; সুতরাং খড়ির ভিতরের অন্তরগুলির আয়তনও ঠিক্ হয়। জলের ভার জানিলে পরিমাণ নিরূপণ করা যায়, তাহা পরে বুঝান যাইবে।

স্বর্ণ প্রভৃতি ধাতুর অতি পাতলা গোলক প্রস্তুত করিয়া, তন্মধ্যে জল পূরিয়া পেষণ করিলে গোলকের উপরে বিন্দু বিন্দু জল দেখা যায়। সুতরাং ধাতু প্রভৃতি সমস্ত কঠিন পদার্থের সান্তরতা গুণ আছে। বায়ু প্রভৃতি সমস্ত বায়বীয় পদার্থ এবং জল প্রভৃতি সমস্ত দ্রব পদার্থ অতি সহজেই পরস্পর মিশ্রিত হয়; অতি অল্প চাপেই বায়বীয় পদার্থ সঙ্কুচিত হয়; প্রভূত চাপের সাহায্যে দ্রব পদার্থকেও সঙ্কুচিত করা যায়; এ সমস্ত সান্তরতা গুণেরই পরিচয়।

নদীর ঘোলা জলে মৃত্তিকা প্রভৃতি নানা পদার্থ গুলিয়া থাকে। ব্লটিং কাগজ কি কয়লার উপর ঘোলা জল দিলে কাগজ কি কয়লার ইন্দ্রিয়-গোচর অন্তরগুলির মধ্য দিয়া খাঁটি জলটুকু নিম্নে পড়ে, মৃত্তিকা প্রভৃতি অপর পদার্থ গুলি সে সকল সূক্ষ্ম ছিদ্রের মধ্যে প্রবেশ করিতে পারে না। ইহাকে জল **শোধন** করা বলে।

১৩। আকুঞ্চনীয়তা কাহাকে বলে?—চাপ প্রয়োগ করিলে পদার্থের সামগ্রীপরিমাণ না কমিয়া আয়তন কমিয়া যায়। পদার্থের এই গুণকে আকুঞ্চনীয়তা বলে। চাপ প্রয়োগে পদার্থের অণুগুলি ঘেঁসিয়া আসে, তাহাতেই আয়তন কমে। সুতরাং সান্তরতাই আকুঞ্চনীয়তার কারণ।

স্পঞ্জ, কাগজ, কাপড়, রবর, কর্ক প্রভৃতি কতকগুলি কঠিন পদার্থ অতিশয় আকুঞ্চনীয়; ইহারা অঙ্গুলির পেষণেই আকুঞ্চিত হয়। মুদ্রাঙ্কণ কার্য্যে ধাতুর উপরে ছাপ তোলা যায়; ইহাতে ধাতুর আকুঞ্চনীয়তা প্রমাণিত হইতেছে। কঠিন পদার্থের আকুঞ্চনীয়তার সীমা আছে; এই সীমার অতিরিক্ত চাপ দিলে কঠিন পদার্থ ভাঙ্গিয়া যায়, অথবা গুঁড়া হইয়া যায়।

দ্রব পদার্থের আকুঞ্চনীয়তা অতি অল্প। এক ঘন ইঞ্চ পরিমাণ জলের উপর ৩৭৫ মণ চাপ দিলে দশমাংশ মাত্র আয়তন কমে।

বায়বীয় পদার্থ অতিশয় আকুঞ্চনীয়। চাপ দিয়া এই সকল পদার্থের আয়তন এক শত ভাগেরও কম করা যায়। প্রভূত চাপ দিয়া বায়বীয় পদার্থকে দ্রবাবস্থায় লইয়া যাওয়া গিয়াছে। বায়ুকে কেহ কখন জলের ন্যায় দ্রবাবস্থায় দেখে নাই; কিন্তু প্রভূত চাপ ও শৈত্যর সাহায্যে তাহাও ঘটিয়াছে।

আকুঞ্চনীয়তা গুণের বিপরীত—প্রসারণীয়তা। তাপে সকল পদার্থই প্রসারিত হয়।

১৪। স্থিতিস্থাপকতা কাহাকে বলে?—**বল প্রয়োগ করিয়া কোন পদার্থকে পেষণ করিলে, বাঁকাইলে, মুচড়াইলে অথবা টানিলে উহার আকৃতি অথবা আয়তন পরিবর্ত্তিত হয়; কিন্তু বলের কার্য্য ক্ষান্ত হইলে, পদার্থটী পূর্ব্ব আকৃতি অথবা আয়তন পুনর্ব্বায় লাভ করে। এই ধর্ম্মকে পদার্থের স্থিতি-স্থাপকতা**

কহে। পেষণ, বাঁকান, মুচড়ান ও টানা এই চারি প্রকারে স্থিতিস্থাপকতা গুণের পরিচয় হয়। বায়বীয় পদার্থ পেষণ করিতে হয়, ঘড়ির স্প্রিং বাঁকাইতে হয়, কাপড়ের সূতা পাকাইতে অর্থাৎ মুচ্ড়াইতে হয়, বেহালার তার টানিতে হয়। যে প্রকারেই হউক, পদার্থের অণুগুলির স্থানপরিবর্ত্তন ঘটিয়াই উহার স্থিতিস্থাপকতা গুণ উৎপন্ন হয়। কোন পদার্থ পেষণ করিলে উহার অণুগুলি পরস্পর নিকটবর্ত্তী হইতে থাকে, কিন্তু আণবিক বিকর্ষণ উহাদিগকে পুনরায় যথাস্থানে লইয়া যায়; যদি টানিলে কি মুচ্ড়াইলে অণুগুলি দূরবর্ত্তী হইয়া পড়ে, তবে আণবিক আকর্ষণ উহাদিগকে যথাস্থলে ফিরাইয়া আনে। এক গাছি কঞ্চি বাঁকাইয়া ধনুকের মত করিলে, ধনুকের ভিতর পিঠের অণুগুলি নিকটবর্ত্তী ও বাহির পিঠের অণুগুলি দূরবর্ত্তী হয়। এখানে আণবিক আকর্ষণের গুণে বাহির পিঠের অণুগুলি পরস্পরকে টানিতে থাকিবে এবং আণবিক বিকর্ষণের গুণে ভিতর পিঠের অণুগুলি পরস্পরকে তাড়াইয়া দিতে থাকিবে; তাহাতেই কঞ্চি গাছি পুনরায় সোজা হইবে।

সকল পদার্থ সমান স্থিতিস্থাপক নহে। দ্রব কি বায়বীয় পদার্থের উপর চাপ দিলে আয়তন কমিয়া যায়, কিন্তু চাপ তুলিয়া লইলে ঠিক্ পূর্ব্ববৎ হয়। এই জন্য দ্রব ও বায়বীয় পদার্থকে পূর্ণ মাত্রায় স্থিতিস্থাপক বলা যায়। কিন্তু কঠিন পদার্থের স্থিতিস্থাপকতার ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ আছে। কাচ, মার্ব্বেল, হস্তিদন্ত, রবর, ইস্পাত, ইহাদের স্থিতিস্থাপকতা অনেক অধিক; কিন্তু কর্দ্দম, চর্ব্বি, সীসা, ইহাদের স্থিতিস্থাপকতা নাই বলিলেই চলে।

কঠিন পদার্থের স্থিতিস্থাপকতার একটী সীমা আছে; সে সীমা অতিক্রম করিলেই পদার্থটী ভাঙ্গিয়া যায়, অথবা তাহার পূর্ব্ব আকৃতি ও আয়তন সম্পূর্ণ লাভ করিবার শক্তি থাকে না। রবর এত স্থিতিস্থাপক বটে, কিন্তু সর্ব্বদা অধিক লম্বা করিয়া টানিলে রবর আর পূর্ব্বাবয়ব লাভ করিতে পারে না, পূর্ব্বাপেক্ষা লম্বা হইয়াই থাকে। এক খণ্ড পাতলা কাষ্ঠ বাঁকাইলে, বাঁকিয়াই থাকে; কাষ্ঠ অতি অল্প পরিমাণ স্থিতিস্থাপক বলিয়াই এরূপ হয়।

ইঞ্জিনিয়ার ও মিস্ত্রি দিগের পক্ষে কাষ্ঠ, লৌহ, ইস্পাত প্রভৃতি পদার্থের স্থিতিস্থাপকতার সীমা জানিয়া রাখা নিতান্ত আবশ্যক। এ জ্ঞান না থাকিলে সেতু নির্ম্মাণ, নৌকা নির্ম্মাণ, ছাদের কড়ি বসান বিড়ম্বনা হইত।

যে সকল পদার্থ অত্যন্ত স্থিতিস্থাপক, তাহা উপর হইতে নিম্নে কোন কঠিন পদার্থের উপর পড়িলেই লাফাইয়া উঠে। বালকেরা যে রবরের বল লইয়া খেলা করে, উহার মধ্যে বায়ু পোরা থাকে। বলটী মাটীর উপর পড়িলেই, মাটীর প্রতিঘাতে রবরের আকৃতি চেপ্‌টীয়া যায় এবং ভিতরের বায়ু আকুঞ্চিত হয়। রবর ও বায়ু অত্যন্ত স্থিতিস্থাপক বলিয়া অবিলম্বে পূর্ব্বাবয়ব ও পূর্ব্বায়তন লাভ করে, তাহাতেই বলটী মাটী হইতে প্রতিক্ষিপ্ত হয়। ইস্পাত অতিশয় স্থিতিস্থাপক বলিয়া গাড়ি ও ঘড়ির স্প্রিং ইস্পাতে নির্ম্মিত হয়। চুল, পালক, নারিকেলের ছোবড়া প্রভৃতির স্থিতিস্থাপকতার জন্যই উহাতে গদি প্রস্তুত করে।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

গতি ও বল

১৫। **পদার্থের কোন্ অবস্থাকে স্থিতি বলে?**—যখন কোন পদার্থ একই স্থানে থাকে, এক স্থান হইতে অন্য স্থানে যায় না, সেই অবস্থাকে স্থিতি বলে। **নিরপেক্ষ ও সাপেক্ষ** ভেদে স্থিতি দুই প্রকার। কোন প্রকার গতি না থাকিলেই নিরপেক্ষ স্থিতি হয়। কিন্তু এরূপ অবস্থা কখনই সম্ভবে না। পৃথিবী নিজের মেরুদণ্ডের ও সূর্য্যের চারিদিকে নিরতই ঘুরিতেছে। সুতরাং পৃথিবীর সকল অংশই এই দুই প্রকার গতিবিশিষ্ট। অতএব পৃথিবীস্থ কোন পদার্থই সম্পূর্ণ রূপে স্থির রহিয়াছে, এরূপ সম্ভব হয় না। সাপেক্ষস্থিতি বলিলে এই বুঝায় যে, কোন পদার্থ চারিদিকের অপর পদার্থের সম্পর্কে স্থির রহিয়াছে, কিন্তু প্রকৃত পক্ষে তাহার পূর্ব্বোক্ত প্রকার দুইটী গতি রহিয়াছে। আমি এক খানি গাড়িতে স্থির হইয়া বসিয়া রহিয়াছি বলিলে এই বুঝায় যে, আমি গাড়ির সম্পর্কে স্থির। কিন্তু ঘর, বাড়ী, মাঠ, গাছ প্রভৃতি নানা পদার্থ ছাড়াইয়া গাড়িখানি দ্রুতবেগে ছুটিতেছে; সুতরাং ঐ সকল পদার্থের সম্পর্কে আমিও ছুটিতেছি।

১৬। **পদার্থের কোন্ অবস্থাকে গতি বলে?**—যখন কোন পদার্থ এক স্থান হইতে অন্যস্থানে যাইতে

থাকে, সেই অবস্থাকে গতি বলে। নিরপেক্ষ ও সাপেক্ষ ভেদে গতিও দুই প্রকার। কোন নির্দ্দিষ্ট বিন্দু যদি নিরপেক্ষ স্থিতি-বিশিষ্ট হয়, তবে তাহারই সম্পর্কে অপর কোন বিন্দুর গতি হইলে সেই গতিকে নিরপেক্ষ গতি বলা যায়। কিন্তু বিশ্বসংসারের মধ্যে কোন বিন্দুরই নিরপেক্ষ স্থিতি সম্ভব নহে, সুতরাং নিরপেক্ষ গতিও অসম্ভব। সাপেক্ষ স্থিতি সম্পন্ন কোন পদার্থের সম্পর্কে অপর পদার্থের গতি হইলে সেই গতিকে সাপেক্ষ গতি বলে। পূর্ব্বোক্ত উদাহরণে ঘর বাড়ী, মাঠ, গাছ প্রভৃতি সাপেক্ষ স্থিতি বিশিষ্ট, অর্থাৎ উহারা স্থির রহিয়াছে বলিয়া বোধ হইতেছে, কিন্তু বস্তুতঃ পৃথিবীর আবর্ত্তনের সহিত উহাদের নিয়তই গতি হইতেছে। ঐ সকল অনুভবতঃ স্থির পদার্থ সকলের সম্পর্কে আমার গাড়িকে অবশ্যই গতিবিশিষ্ট বলিতে হইবে। এই গতি সাপেক্ষ গতি।

১৭। গতি কয় প্রকার?—গতি দুই প্রকার- ঋজু ও বক্র। সরল রেখা ক্রমে চলিলে ঋজু ও বাঁকিয়া বাঁকিয়া অথবা চক্রাকারে ঘুরিয়া চলিলে বক্র গতি বলে। উপর হইতে নিম্নে কোন ভারী বস্তু পড়িলে উহার ঋজু গতি হয়। জাঁতা কীলকের চারিদিকে ঘুরিলে বক্র গতি হয়। ঋজু ও বক্র উভয় গতিই আবার সম ও বিষম ভেদে দুই প্রকার। সমপরিমাণ সময়ে সমপরিমাণ দূর চলিলে সম গতি হইল। আমি প্রথম ঘণ্টায় দেড় ক্রোশ, দ্বিতীয় ঘণ্টায় দেড় ক্রোশ, তৃতীয় ঘণ্টায় দেড় ক্রোশ, এই হিসাবে বরাবর চলিলে আমার সমগতি হইল। ঘড়ির

কাঁটার গতি, যুদ্ধ কালে সৈন্যদিগের পদ চারণা সমগতির উত্তম দৃষ্টান্ত। সমপরিমাণ সময়ে অসমপরিমাণ দূর চলিলে তাহাকে **বিষম গতি** বলে। আমি যদি কোন স্থানে যাইতে প্রথম ঘণ্টায় দুই ক্রোশ, দ্বিতীয় ঘণ্টায় এক ক্রোশ, তৃতীয় ঘণ্টায় দেড় ক্রোশ হাঁটি তাহা হইলে আমার **বিষমগতি** হইল। বিষমগতি আবার নানা প্রকার। যখন একখানি ট্রেণ ষ্টেশন হইতে ছাড়ে, তখন তাহার গতি ক্রমশঃই বাড়িতে থাকে, ইহাকে **বর্দ্ধমান** গতি বলে। কোন ষ্টেশনে পঁহুছিবার পূর্ব্বে ট্রেণের গতি ক্রমশঃই কমিতে থাকে, নতুবা ষ্টেশনে আসিয়া থামিবে কেন? এইরূপ গতিকে **হ্রসমান** গতি বলে। যদি কোন ব্যক্তি গাড়ি করিয়া প্রথম ঘণ্টায় এক ক্রোশ, দ্বিতীয় ঘণ্টায় তিন ক্রোশ, তৃতীয় ঘণ্টায় পাঁচ ক্রোশ, এইরূপ ভাবে যাইতে থাকে, তাহা হইলে প্রতি ঘণ্টায় তাহার গতি দুই ক্রোশ করিয়া বাড়িতে লাগিল। এইরূপ গতিকে **সমবর্দ্ধমান** গতি বলে। আবার যখন কাহারও গতি ঐ ভাবে ক্রমশঃ সমান সমান সময়ে সমান সমান কমিতে থাকে, তখন সে গতিকে **সমহ্রসমান** গতি বলে।

১৮। **গতির অঙ্গ**—গতির দুইটী অঙ্গ—**দিক্ ও বেগ**। গতি বুঝিতে গেলেই জানিতে হইবে যে, কোন একটী দিক্ অবলম্ব করিয়া গতি হইতেছে। আবার কতটুকু সময়ে কতটুকু যাইতেছে, তাহাও জানা আবশ্যক। **নির্দ্দিষ্ট কালে কোন পদার্থ যতদুর যায়, তাহাই উহার বেগের হার।** কালের হিসাব করিবার জন্য ঘণ্টা, মিনিট

ও সেকেণ্ড ধরা হয়, এবং দূরতার হিসাব করিবার জন্য ক্রোশ, মাইল, ফুট ইত্যাদি ধরা হয়। একটী ট্রেণ প্রতি ঘণ্টায় কুড়ি মাইল হিসাবে চলিলে, উহার বেগ কুড়ি মাইল বলিতে হয়। একটি বন্দুকের গুলি প্রতি সেকেণ্ডে ১,০০০ ফুট ছুটিলে উহার বেগ ১,০০০ ফুট বলে।

১৯। **নিশ্চেষ্টতা কাহাকে বলে?—জড় পদার্থ এক স্থানে স্থির থাকিলে আপন চেষ্টায় অন্য স্থানে যাইতে পারেনা, আবার কোন উপায়ে চালিত হইলে, আপন চেষ্টায় স্থির হইতে পারে না। এই ধর্ম্মটীকে নিশ্চেষ্টতা বলে।** কোন পদার্থ স্থির থাকিলে স্থিরই থাকে, আপনা হইতে নড়িতে চড়িতে পারে না, তাহা সকলেই জানে। কিন্তু একবার চালিত হইলে আর স্থির হইতে পারে না, চিরদিনই চলিতে থাকিবে, ইহা কেহ দেখে নাই। একটি মার্ব্বেল ঘরের মেজের উপর গড়াইয়া দিলে গতির বেগ ক্রমশঃ কমিতে থাকে ও অবশেষে মার্ব্বেলটী থামিয়া যায়। মার্ব্বেলটা দৌড়ান অপেক্ষা স্থির থাকিতে ভাল বাসে বলিয়াই যে ক্রমশঃ থামিয়া যায় তাহা নহে। মেজের ঘর্ষণে ও বায়ুর বাধাতে মার্ব্বেলটির গতি ক্রমশঃ কমিতে থাকে। যদি মেজের ঘর্ষণ ও বায়ুর বাধা আদৌ না থাকিত, তাহা হইলে মার্ব্বেলটা কোন কালেই থামিত না। পৃথিবীর উপর যে কোন পদার্থই চালিত হউক না, ভূমি অথবা বায়ুর সঙ্গে তাহার সংঘর্ষণ হইবেই হইবে, সুতরাং কোন পদার্থেরই অব্যাহত গতি সম্ভবেনা। গ্রহ নক্ষত্রাদি শূন্যমার্গে ঘুরিতেছে; উহাদের পথে বায়ু কি.

অপর কোন এমন পদার্থ নাই, যাহার সঙ্গে সংঘর্ষণ ঘটিতে পারে; সুতরাং গ্রহ নক্ষত্রাদির গতি অব্যাহত ভাবে চিরদিনই চলিতেছে। ইহাই নিশ্চেষ্টতার চির সচল গতির একমাত্র দৃষ্টান্ত।

২০। **নিশ্চেষ্টতার কয়েকটী দৃষ্টান্ত**—গাড়ি চলিবার সময় উহা হইতে লম্ফ দিলে পা দুখানি মাটিতে ঠেকিলেই স্থির হয়, কিন্তু শরীরের ঊর্দ্ধদেশ গাড়ির গতিতে গতিবিশিষ্ট থাকে। সুতরাং পা নড়ে না, কিন্তু শরীরের ঊর্দ্ধদেশ সম্মুখ দিকে অগ্রসর হইতে চায় বলিয়া আমরা পড়িয়া যাই। গাড়ি হইতে নামিবার সময় শরীরের ঊর্দ্ধদেশ একটু পশ্চাৎ দিকে হেলাইয়া নামিলে, সেই হেলান অংশ নিশ্চেষ্টতা গুণে অগ্রসর হইয়া ঠিক্ পায়ের উপর সোজা হইয়া দাঁড়ায়, ইহাতে পড়িবার সম্ভাবনা থাকে না।

নৌকা কি গাড়ির উপর দাঁড়াইয়া আছি, এমন সময় উহা হঠাৎ দ্রুতবেগে চালিত হইলে পা দুখানি হঠাৎ গতিবিশিষ্ট হইয়া অগ্রসর হয়; কিন্তু শরীরের উর্দ্ধদেশ তখনও গতিলাভ না করাতে পশ্চাদ্দিকে পড়িয়া যাইতে হয়। এ সময়ে সম্মুখ দিকে হেলিয়া থাকাই বুদ্ধিমানের কার্য্য।

দৌড়াইবার সময় পায়ে হোঁচট লাগিলে পায়ের গতি রোধ হয়, কিন্তু শরীরের উর্দ্ধদেশের গতি পূর্ব্ববৎ থাকে বলিয়া সম্মুখদিকে পড়িয়া যাইতে হয়।

ট্রেণ চলিতে চলিতে এঞ্জিন খানি কিছুতে ধাক্কা লাগিয়া থামিয়া গেলে পশ্চাদ্বর্ত্তী গাড়িগুলি পূর্ব্ববৎ গতিবিশিষ্ট থাকায়

সম্মুখদিকে ছুটিতে থাকে, সুতরাং এঞ্জিন থামিতে ধাক্কা লাগিয়া চূর্ণ বিচূর্ণ হয়।

পশমী জামার গায় ছড়ি মারিয়া অথবা চৌকাঠে কি মেজেতে জুতা ঠুকিয়া ধূলি ঝাড়িতে হয়। ধূলি স্থিরভাবে স্বস্থানে থাকে, অথচ জামা ও জুতা আঘাত পাইয়া স্থানান্তরে সরিয়া যায়, ইহাতেই ধূলি তফাৎ হইয়া পড়ে।

২১। **বল কাহাকে বলে?**—জড় পদার্থ নিশ্চেষ্ট বলিয়া উহা স্বয়ং গতি কি স্থিতির অবস্থা পরিবর্তন করিতে পারে না; স্থির থাকিলে স্বয়ং গতি উৎপন্ন করিতে পারে না, অথবা চালিত হইলে স্বয়ং থামিতে পারে না। **যে কারণে স্থির পদার্থে গতি উৎপন্ন হয় অথবা চালিত পদার্থের গতি বন্ধ কিংবা পরিবর্তিত হয়, সেই কারণকে বল বলে।** আণবিক আকর্ষণ ও বিকর্ষণকে বল বলে; মনুষ্য অথবা অপর কোন প্রাণী দৈহিক শক্তিতে নানা কার্য সম্পন্ন করে, তাহাও বল; বায়বীয় পদার্থের স্থিতি-স্থাপকতা গুণে কত কার্য হইতেছে, উহাও বল।

যে বলে পদার্থের গতি উৎপন্ন হয়, তাহাকে **শক্তি** ও যাহাতে গতি প্রতিরুদ্ধ হইয়া নষ্ট হয়, তাহাকে **বাধা** বলা যাইতে পারে।

২২। **ঘর্ষণ-বল।** একটী কাঠের টেবিলের উপর একটী ভারী বস্তু রাখিয়া নাড়িতে হইলে অধিক শক্তি লাগে। যদি টেবিলটী কাঠের না হইয়া মার্বেল পাথরের

হইত, তাহা হইলে এত শক্তি লাগিত না। মার্ব্বেল মসৃণ বলিয়া দ্রব্যটী সহজে পিছ্‌লিয়া যাইত। বরফের উপর হইলে আরও অল্প বলে পিছ্‌লাইত; কারণ মার্ব্বেল অপেক্ষা বরফ মসৃণ। সুতরাং যে পদার্থ যত অল্প মসৃণ, তাহার উপর অপর দ্রব্য রাখিয়া ঠেলিতে তত অধিক শক্তি লাগে। **পদার্থের অমসৃণতা নিবন্ধন এই যে বাধা, ইহাকেই ঘর্ষণ-বল বলে।** ঘর্ষণ যে বাধা-জাতীয় বল, শক্তি-জাতীয় নহে, তাহা স্পষ্টই বুঝা যাই-তেছে। চর্ব্বি, ঘৃত, তৈল প্রভৃতি বসাময় পদার্থ মাখা-ইলে ঘর্ষণ কমিয়া যায়। কিন্তু মাখান পদার্থটী যদি শুষিয়া যায়, তাহা হইলে ঘর্ষণ না কমিয়া বাড়িয়া যায়। ধাতুময় পদার্থের উপর তৈল মাখাইলে উহা শুষে না, সুতরাং ঘর্ষণ কমিয়া যায়, কিন্তু কাষ্ঠময় পদার্থে তৈল দিলে শুষিয়া যায় এবং ঘর্ষণ বাড়ে।

ঘর্ষণ-বল না থাকিলে আমাদিগকে বড় বিপন্ন হইতে হইত। বরফের কি মার্ব্বেলের উপর চলিতে যেমন পিছ্‌লাইয়া পড়িতে হয়, ঘর্ষণ বল না থাকিলে সকল পদার্থই সেইরূপ সর্ব্বদাই সর্ব্বত্র পিছ্‌লাইয়া পড়িত। আবার, কোন স্থান একটু গড়ান হইলে তথায় কোন দ্রব্য দাঁড়াইতে পারিত না, একেবারে তলায় গড়া-ইয়া পড়িত।

২৩। **বলের অঙ্গ**—বলের তিনটী অঙ্গ—**প্রয়োগ-বিন্দু, দিক্‌ এবং পরিমাণ।** কোন পদার্থে বল প্রয়োগ করিলে সেই পদার্থের কোন এক বিন্দুতে সেই বলের কার্য্য হয়, এই বিন্দুকে ঐ বলের প্রয়োগ-বিন্দু বলে। বল এই প্রয়োগ-

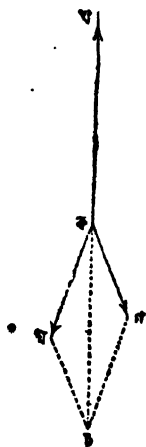
বিন্দুকে যে দিকে টানিতে অথবা ঠেলিতে থাকে, তাহাকেই ঐ বলের দিক্ বলে। সরলরেখা ক্রমেই বলের কার্য্য হয়, সুতরাং বলের দিক্ সরলরেখা। এক সের বস্তুকে তুলিতে যত বল লাগে দুই সের বস্তুকে তাহার দ্বিগুণ, তিন সের বস্তুকে তুলিতে তাহার তিনগুণ বল লাগে। এক সের বস্তুকে ধরিয়া রাখিতে যত বল লাগে, তাহাকেই বলের **একক** বলে। যে বল এই এককের যত গুণ অধিক অথবা যত ভাগ কম, তাহাই ঐ বলের পরিমাণ।

২৪। **বল কিরূপে প্রকাশিত হয়?**—বলের কার্য্য বুঝাইতে হইলে সরলরেখার সাহায্যেই বুঝান যায়। বলের তিনটী অঙ্গই সরলরেখাতে প্রকাশ করা যায়। সরল রেখা মাত্রই একটী বিন্দু হইতে আরম্ভ হইয়া, নির্দ্দিষ্ট দিক্ অবলম্বন করিয়া, যত দুর আবশ্যক দীর্ঘ হইতে পারে। এই আরম্ভ-বিন্দুটী বলের প্রয়োগ বিন্দুকে, রেখার দিক্ বলের দিক্‌কে এবং রেখার দৈর্ঘ্য বলের পরিমাণকে প্রকাশ করিতে পারে। বল সের হিসাবে এবং রেখার দৈর্ঘ্য ইঞ্চ হিসাবে পরিমিত হয়। বলের এক সের বুঝাইতে রেখার এক ইঞ্চ ধরিলেই, কোন নির্দ্দিষ্ট বল পাঁচ সের হইলে পাঁচ ইঞ্চ দীর্ঘ রেখা দ্বারা স্পষ্টরূপে প্রকাশিত হইতে পারে।

২৫। **সঙ্ঘাত-বল**—কোন বিন্দুর উপর বিপরীত দিক হইতে দুইটী অথবা ততোধিক বল প্রয়োগ করিলে যদি বিন্দুটীর কোন দিকেই গতি না হয়, তবে আমরা অবশ্যই বলিব যে বলগুলির **সাম্যাবস্থা** লাভ হইয়াছে। মনে কর, কোন বিন্দুর এক দিকে দুই সের এবং ঠিক্ বিপরীত দিকেও দুই সের বল প্রযুক্ত হইয়াছে, অথবা এক দিকে তিন সের বল ও বিপরীত

দিকে একটী দুই সের ও একটী এক সের বল প্রযুক্ত হইয়াছে, তাহা হইলে বিপরীত দিকে কার্য্যকারী বল গুলি অবশ্যই পরস্পরের কার্য্য ধ্বংস করিয়া বিন্দুটীকে স্থির রাখিবে। ইহাকেই বলের সাম্যাবস্থা বলে। **দুই কি ততোধিক বল একত্রে যে কার্য্য উৎপাদন করে, একটী মাত্র বল দ্বারা সেই কার্য্য উৎপন্ন করিতে হইলে, যে বল প্রয়োগ করিতে হয়, তাহাকেই উক্ত বলগুলির সঙ্ঘাত-বল বলে।** মনে কর, একটী বিন্দুর উপর একই দিকে একটী দুই সের, একটী চারি সের ও একটী পাঁচ সের বল প্রয়োগ করা গেল; তাহা হইলে (২ + ৪ + ৫ = ১১) এগার সের পরিমাণ একটী মাত্র বল প্রয়োগ করিলেও সেই ফল ফলিবে। এস্থলে প্রযুক্ত বলগুলির যোগ ফলই উহাদের সঙ্ঘাত-বলের পরিমাণ, এবং প্রযুক্ত বল গুলি যে দিক্ অবলম্বন করিয়া কার্য্য করিতেছিল, সঙ্ঘাত-বলও সেই দিকে কার্য্য করিবে।

মনে কর, একটী বিন্দুর উপর এক দিকে পাঁচ সের এবং তদ্বিপরীত দিকে একটী এক সের ও একটী তিন সের বল প্রয়োগ করা গেল; তাহা হইলে [৫—(১+৩) = ১] এক সের পরিমাণ একটী মাত্র বল পাঁচ সেরের দিকে প্রয়োগ করিলেও সেই ফল ফলিবে। এস্থলে বিপরীত দিকে প্রযুক্ত বল গুলির বিয়োগ ফলই উহাদের সঙ্ঘাত-বলের পরিমাণ, এবং যে দিকের বলের পরিমাণ অধিক, সঙ্ঘাত-বল সেই দিকেই কার্য্য করিবে।

কোন বিন্দুতে সরলরেখা-ক্রমে বিপরীত দিকে বল প্রয়োগ করিলে, যেমন বলের সাম্যাবস্থা হইতে পারে, তেমনই ভিন্ন ভিন্ন দিকে ভিন্ন ভিন্ন বল প্রয়োগ করিলেও, সাম্যাবস্থা হইতে পারে। মনে কর, (১ম চিত্র) ক বিন্দুর তিন দিকে খ, গ ও ঘ এই তিনটী বল প্রযুক্ত হইল। এস্থলেও সাম্যা-বস্থা হইতে পারে, অর্থাৎ ক বিন্দুটি কোন বলের দিকেই নড়িবে না। এখানে প্রত্যেক বলের কার্য্য অপর দুই বলের সমবায়ী কার্য্যের সমান। খ বলটীর কার্য্য গ ও ঘ বলের সম-বায়ী কার্য্যের সমান, গ বলটীর কার্য্য খ ও ঘ বলের সমবায়ী কার্য্যের সমান, ঘ বলটীর কার্য্য খ ও গ বলের সমবায়ী কার্য্যের সমান।

১ম চিত্র।

এক্ষণে সমবায়ী কার্য্য কাহাকে বলে, তাহা বুঝা যাউক।

বল সরলরেখা দ্বারা প্রকাশিত হইতে পারে। সুতরাং মনে কর, খ বলটীর দিক্ ও পরিমাণ ক খ রেখা, গ বলটীর দিক্ ও পরিমাণ ক গ এবং ঘ বলটীর দিক্ ও পরিমাণ কঘ রেখা দ্বারা প্রকাশিত হইল। খ বল ক বিন্দুকে কখ রেখা ক্রমে টানিতেছে, গ বল ক বিন্দুকে কগ রেখাক্রমে টানিতেছে, এবং ঘ বল ক বিন্দুকে কঘ রেখা ক্রমে টানিতেছে। এক্ষণে আমরা খ বলটীর কথা ছাড়িয়া দিয়া মনে করি যে, ক বিন্দুর উপর কেবল গ ও ঘ

বল কগ ও কঘ রেখাক্রমে কার্য্য করিতেছে। এই উভয় বলের কার্য্যে ক বিন্দুটী কগ কি কঘ কোন দিকেই যাইবে না, ঠিক্ কচ রেখা ক্রমে যাইবে। এই কচ রেখাটী কিরূপ রেখা তাহা দেখা যাউক। কগ ও কঘ রেখাদ্বয় অবলম্বন করিয়া কগচঘ সমান্তর ক্ষেত্রটী অঙ্কিত করিলে, কচ উহার কর্ণরেখা হয়। গ ও ঘ বলের সঙ্ঘাত-বল এই কচ রেখা ক্রমেই কার্য্য করে। আবার কগ ও কঘ রেখার তুলনায় কচ রেখার পরিমাণ যত, গ ও ঘ বলের তুলনায় উহাদের সঙ্ঘাতবলের পরিমাণ ঠিক তত। সুতরাং কচ রেখা গ ও ঘ বলের সঙ্ঘাতবলের দিক্, ও পরিমাণ উভয়ই প্রকাশ করিতেছে; অর্থাৎ ক বিন্দুতে গ ও ঘ বল প্রয়োগ করিলে যে ফল, ক চ রেখার দৈর্ঘ্য পরিমিত বল প্রয়োগ করিয়া চর দিকে টানিলেও সেই ফল উৎপন্ন হয়। অতএব **কোন জড় বিন্দুর উপর ভিন্ন ভিন্ন দিক্ হইতে দুইটী বল প্রযুক্ত হইলে উক্ত বলদ্বয়ের দিক্ ও পরিমাণ প্রকাশ করিয়া দুইটী সরল রেখা উক্ত বিন্দু হইতে টানিয়া সেই রেখাদ্বয়কে বাহু করিয়া একটী সমান্তর ক্ষেত্র অঙ্কিত করিলে এবং উক্ত বিন্দু হইতে সমান্তর ক্ষেত্রটীর কর্ণ রেখা টানিলে, প্রযুক্ত বলদ্বয়ের সঙ্ঘাত-বলের দিক্ ও পরিমাণ সেই কর্ণ রেখা দ্বারা প্রকাশিত হইবে। ইহাকে বল-সমান্তরক্ষেত্র ঘটিত নিয়ম বলে।** এই নিয়মটীর কার্য্য সর্ব্বদাই দেখিতে পাওয়া যায়। মানুষ যখন সাঁতার দেয় তখন দুই হস্তে জলে আঘাত করে। এই আঘাতে জল হস্তে বাধা দিয়া পশ্চাৎ হইতে সম্মুখ দিকে

ঠেলিয়া দিবার পক্ষে দুই পার্শ্বে দুইটী বলের কার্য্য করে। এই দুই বলের দিক্ ও পরিমাণ চগ ও চব রেখা (১ম চিত্র) দ্বারা প্রকাশিত হইতে পারে। সুতরাং মানুষটী চক রেখা পরিমিত বলে চক রেখা ক্রমেই অগ্রসর হইতে থাকে। পক্ষিগণ উড়িবার সময় বায়ুতে এইরূপেই আঘাত করিয়া অগ্রসর হয়।

১ম চিত্রে ক বিন্দুর উপর খ, গ ও ঘ এই তিনটী বল কার্য্য করিতেছে। ইহাদের প্রত্যেক বল অপর দুই বলের সঙ্ঘাত-বলের সমান এবং সেই বল ঐ সঙ্ঘাত-বলের ঠিক্ বিপরীত দিকে কার্য্য করিবে। ১ম চিত্রে বলগুলি রেখাদ্বারা প্রকাশিত হইয়াছে। এস্থলে কচ কখ র সমান এবং ঠিক্ বিপরীত দিকে অবস্থিত হইবে।

অতএব কোন বিন্দুতে দুইটী ভিন্ন ভিন্ন বল সরলরেখাক্রমে প্রযুক্ত না হইয়া ভিন্ন ভিন্ন দিক্ হইতে প্রযুক্ত হইলে, বল-সমান্তর-ক্ষেত্র-ঘটিত নিয়মদ্বারা কর্ণ রেখার দিক্ ও পরিমাণ স্থির করিয়া উক্ত বলদ্বয়ের সঙ্ঘাত বলের দিক্ ও পরিমাণ নিরূপণ করা যায়।

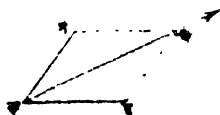
বল সমান্তর-ক্ষেত্র-ঘটিত নিয়ম দ্বারা একটী বিন্দুতে প্রযুক্ত কেবল দুইটী বলের সঙ্ঘাত-বল নিরূপিত হইতে পারে, এমন নহে; কোন বিন্দুতে বহুসংখ্যক বল প্রযুক্ত হইলেও, ঐ নিয়ম দ্বারা উহাদের সকলেরই সঙ্ঘাত-বল নিরূপিত হইতে পারে। যদি কোন বিন্দুতে পাঁচটী বল প্রযুক্ত থাকে, তবে প্রথমে দুইটী বল লইয়া সমান্তর-ক্ষেত্র আঁকিয়া কর্ণ রেখা বাহির করিতে হয়। এই কর্ণ রেখা প্রথম ও দ্বিতীয় বলের সঙ্ঘাত-বলের প্রকাশক। এই সঙ্ঘাত-বল ও তৃতীয় বল লইয়া আর একটী

সঙ্ঘাত-বল বাহির হইবে। এই দ্বিতীয় সঙ্ঘাত-বল ও চতুর্থ বল লইয়া আর একটী সঙ্ঘাত-বল বাহির হইবে। এই তৃতীয় সঙ্ঘাত-বল ও পঞ্চম বল লইয়া যে সঙ্ঘাত বল বাহির হইবে তাহাই পাঁচটী বলের সঙ্ঘাত-বল। বহুসংখ্যক বলের একটী সঙ্ঘাত বল বাহির করিতে অনেক গুলি সমান্তর ক্ষেত্র অঙ্কিত করিতে হয়। এই সমান্তর-ক্ষেত্র গুলি লইয়া একটী মাত্র বহুকোণী ক্ষেত্র উৎপন্ন হয়। ইহাকে বলবিষয়ক বহুকোণী ক্ষেত্র বলে।

আমরা এতক্ষণ যে সকল বলের কথা বলিয়া আসিতেছি, তৎসমস্তই একটী মাত্র বিন্দুতে কার্য্যকারী বলিয়া কল্পিত। কিন্তু একটী কঠিন বস্তুতে নানা বিন্দু; উহার প্রত্যেক বিন্দুতে অথবা কতকগুলি বিন্দুতে পৃথক্ পৃথক্ বল এরূপে প্রযুক্ত হইতে পারে যে, সকল বল গুলিই পরস্পর সমান্তরাল রেখাক্রমে কার্য্য করিতে থাকে। ইহাতে দুইটী অবস্থা হইতে পারে;—সমস্ত সমান্তরাল বল গুলিই এক দিকে কার্য্য করিতে পারে অথবা কতকগুলি এক দিকে ও অবশিষ্ট গুলি বিপরীত দিকে কার্য্য করিতে পারে। প্রথম অবস্থায় সমস্ত বল গুলির সমষ্টি উহাদের সঙ্ঘাত বলের পরিমাণ হইবে। দ্বিতীয় অবস্থায় যে দিকের বল গুলির সমষ্টি অধিক, সেই সমষ্টি হইতে বিপরীত দিকের বল গুলির সমষ্টি বিয়োগ করিলে সঙ্ঘাত-বলের পরিমাণ নিরূপিত হইবে। দুইটী ঘোড়া এক খানি গাড়ি টানিলে দুই ঘোড়ার বলের সমষ্টি সঙ্ঘাত-বল হইবে। কোন নদীর স্রোতের বেগ ঘণ্টায় দুই ক্রোশ এবং একখানি ষ্টীমারের বেগ ঘণ্টায় ছয় ক্রোশ হইলে নদীস্রোতের অনুকূলে ষ্টীমার খানি ঘণ্টায় আট ক্রোশ, কিন্তু প্রতিকূলে ঘণ্টায় চারি ক্রোশ হইবে।

২৬। বল-বিঘাত কাহাকে বলে?

বলেরসঙ্ঘাতে যেমন একটী বল জন্মে, সেই রূপ একটী বলকে বিচ্ছেদ করিয়া ভিন্ন ভিন্ন দুইটী বল প্রাপ্ত হওয়া যায়। ইহাকে বল বিঘাত বলে।

মনে কর, একটী নির্দ্দিষ্ট বলের দিক্ ও পরিমাণ কখ রেখা (২য় চিত্র দ্বারা প্রকাশিত হইল। ক হইতে একটী সরল রেখা টানিয়া তন্মধ্যে গ বিন্দু কল্পনা কর। গ ও খ সংযুক্ত কর। কগ ও গখ অবলম্বন করিয়া কগখঘ সমান্তর ক্ষেত্রটী অঙ্কিত কর। এক্ষণে বল-সমান্তর-ক্ষেত্র-ঘটিত নিয়মানুসারে স্পষ্টই বুঝা যাইতেছে যে, কখ রেখা দ্বারা প্রকাশিত একটী বল কগ ও কঘ রেখা দ্বারা প্রকাশিত দুইটী বলে বিভক্ত হইতে পারে। আরও দেখা যাইতেছে

২য় চিত্র।

যে, ক বিন্দু হইতে সরল রেখা যে কোন দিকে টানিয়া তন্মধ্যস্থ যে কোন বিন্দু লইলেও কখকে কর্ণ করিয়া সমান্তর-ক্ষেত্র উৎপন্ন হইতে পারে। সুতরাং নির্দ্দিষ্ট বলটী অসংখ্য প্রকারে বিভক্ত হইতে পারে।

কোন বিন্দুতে প্রযুক্ত দুইটী বলের অন্তর্গত কোণ নির্দ্দি থাকিলে, উহাদের কেবল একটী মাত্র সঙ্ঘাত-বল হইবে। যদি কোণ নির্দ্দিষ্ট না থাকে, কেবল দুইটী প্রযুক্ত বলের পরিমাণ

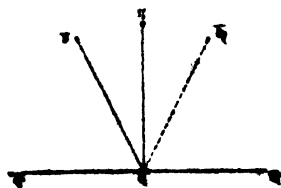
নির্দ্দিষ্ট থাকে, তাহা হইলে বলদ্বয়ের অন্তর্গত কোণ ভিন্ন ভিন্ন বারে ভিন্ন ভিন্ন অবলম্বন করিয়া ভিন্ন ভিন্ন সমান্তর-ক্ষেত্র আঁকিতে পারা যায়; সুতরাং ভিন্ন ভিন্ন দিক্ ও পরিমাণ বিশিষ্ট ভিন্ন ভিন্ন কর্ণ রেখা উৎপন্ন হইবে। এরূপ অবস্থায় দুইটী মাত্র বলের অসংখ্য প্রকার সঙ্ঘাত-বল হইতে পারে।

২৭। **সমান্তরাল বলের কেন্দ্র**—সমান্তরাল বল গুলির সঙ্ঘাত বল যে বিন্দুতে কার্য্য করে, তাহাকেই **সমান্তরাল বলের কেন্দ্র** বলে।

২৮। **বলযুগ্ম বা বলদ্বন্দ্ব**—দুইটী দৃঢ়সম্বদ্ধ বিন্দুতে দুইটী সমান্তরাল বল বিপরীত দিক্ হইতে প্রযুক্ত হইলে, উহাদের বিয়োগ ফল উহাদের সঙ্ঘাত-বলের সমান হয়। সুতরাং উপরোক্ত অবস্থায় সমান্তরাল বলদ্বয় যদি পরস্পর সমান হয়, তাহা হইলে তাহাদের সঙ্ঘাত-বল শূন্য হইবে। পূর্ব্বে দেখান গিয়াছে যে, সঙ্ঘাত-বলের সমান একটী মাত্র বল উহার বিপরীত দিকে কার্য্য করিলেই বলসমূহের সাম্যাবস্থা হয়। এস্থলে সঙ্ঘাত-বলই নাই, সুতরাং উপরোক্ত সমান্তরাল বলদ্বয়ের সাম্যাবস্থা লাভের উপায় নাই। অতএব বিন্দুদ্বয় ঘূর্ণিত হইতে থাকে। ইহাকে **বলযুগ্ম** বা **বলদ্বন্দ্ব** বলে।

২৯। **বক্রগতি কিসে উৎপন্ন হয়?**—কোন বস্তু একটী মাত্র বল দ্বারা কোন দিকে চালিত হইলে, উহা ঠিক সেই দিকে সরল রেখা ক্রমে নিরন্তর চলিতে থাকে। ইহা পদার্থের নিশ্চেষ্টতার ফল। তবে কামানের গোলা ক্রমাগত সরল রেখাক্রমে একদিকে না ছুটিয়া বক্রগতি ক্রমে ভূমিতে আসিয়া

পড়ে কেন? দড়িতে ঢিল বাঁধিয়া একদিকে চালিত করিলে উহা চক্রাকারে ঘুরিতে থাকে কেন? ঘড়ির পরিদোলকটী অঙ্গুলীদ্বারা নাড়িয়া দিলে উহা বৃত্তাংশ অবলম্বন করিয়া দুলিতে থাকে কেন? **ভিন্ন ভিন্ন দিক্‌বর্ত্তী দুইটী বলের কার্য্যেই বক্রগতি উৎপন্ন হয়।** বারুদের প্রক্ষেপক বল ও পৃথিবীর মাধ্যাকর্ষণ গোলার গতিকে ক্রমশঃ বাঁকাইতে থাকে। হস্তের প্রক্ষেপক বল ঢিলের কেন্দ্রাপসারক বলে পরিণত হয় কিন্তু দড়ির কেন্দ্রাভিকর্ষক বল ঢিলকে টানিতে থাকে; ঢিল নিশ্চেষ্টতা গুণে ক্রমাগত চলিতে চায়, কিন্তু দড়ি ছাড়ে না। ইহাতেই চক্রাবর্ত্ত হইতে থাকে। অঙ্গুলির প্রতিক্ষেপক বল ও মাধ্যাকর্ষণ পরিদোলকের দোলায়মান গতি উৎপন্ন করে।

২০। **প্রতিক্ষিপ্ত গতি**—একটী মসৃণ টেবিলের উপর একটী মার্ব্বেল লম্ব ভাবে ফেলিয়া দিলে, উহা ঠিক্ লম্ব ভাবেই উত্থিত হইবে। মনেকর, (৩য় চিত্র গ স্থান হইতে কখ টেবিলের উপর একটী মার্ব্বেল ঠিক্ লম্বভাবে ফেলিলাম।

(৩য় চিত্র)

উহা ঠিক্ গঘ লম্ব রেখা ক্রমে ঘ বিন্দুতে পড়িয়া আবার ঘগ রেখা ক্রমেই উপরে উঠিবে। কিন্তু মার্ব্বেলটী যদি চ স্থানে

হইতে ঘ স্থানে ফেলি, তাহা হইলে উহা ঘছ রেখাক্রমে অপর-দিকে উঠিবে। ইহাকে **প্রতিক্ষিপ্ত** গতি বলে। প্রতিক্ষিপ্ত গতির একটী বিশেষ ধর্ম্ম আছে; তাহা এই যে, গঘচ কোণ গঘছ কোণের সমান হইবে, কোন ক্রমেই ইহার অন্যথা হইবে না। চঘগ কোণকে **আপতন কোণ** এবং গঘছ কোণকে **প্রতিক্ষেপ কোণ** বলে।

৩১। **গতির নিয়ম**—গতির তিনটী নিয়ম। মহা-পণ্ডিত নিউটন বল ও গতির পরস্পর সম্বন্ধ নিরূপণ করিবার জন্য এই তিনটী নিয়ম স্থির করিয়া গিয়াছেন।

১ম। নিয়ম। **কোন বল প্রযুক্ত না হইলে, যে জড়কণা স্থির রহিয়াছে তাহা চিরদিনই স্থির থাকিবে, আর যে জড়কণা চলিতেছে তাহা চির-দিনই সরল রেখাক্রমে সমভাবে চলিবে।**

এই নিয়মটী পদার্থের নিশ্চেষ্টতা গুণের পরিচায়ক।

২য় নিয়ম। **কোন নিশ্চল কি সচল জড়কণার প্রতি একেবারে একাধিক বল প্রযুক্ত হইলে, প্রত্যেক বল পৃথক্ পৃথক্ প্রযুক্ত হইয়া সমবায়ে যে কার্য্য করিত, সমস্ত বলগুলির সঙ্ঘাতবল একাকী ঠিক্ সেই কার্য্য করিবে।**

সচল জড়কণার প্রতি একটীমাত্র বল প্রযুক্ত হইলেও জড়-কণাটী একাধিক বলের অধীন হইয়া পড়ে। কারণ, পূর্ব্বে কোন বলের অধীন না হইলে উহা কখনই সচল অবস্থা প্রাপ্ত হইত না।

একটী দক্ষিণবাহিনী নদীর স্রোত উত্তর হইতে দক্ষিণ দিকে যাইতেছে। একখানি নৌকার হাল ঠিক্ সোজা ধরিয়া এই নদীবক্ষে স্থিরভাবে ছাড়িয়া দিলে নৌকাখানি এক ঘণ্টায়

আধ ক্রোশ দক্ষিণে ভাসিয়া যায়। এই নৌকা খানি নদীর পূর্ব্বধার হইতে ছাড়িয়া হালের আঘাতে পশ্চিম ধারে লইয়া যাইতে ঠিক্ এক ঘণ্টা লাগে। তাহা হইলে নৌকা খানি পূর্ব্ব পারের যে বিন্দু হইতে ছাড়িবে, সেই বিন্দুর ঠিক্ পশ্চিম পারে গিয়া উঠিতে পারিবে না, তাহার আধ ক্রোশ দক্ষিণে গিয়া পঁহুছিবে। নদীতে স্রোত না থাকিলে নৌকা খানি হালের আঘাতের বলে ঠিক্ সোজাসুজি পশ্চিমে গিয়া উঠিত। কিন্তু স্থির নৌকা খানির বেলায় নদীস্রোত এক ঘণ্টায় যে আধ ক্রোশ দক্ষিণে লইয়া যায়, চলিষ্ণু নৌকার বেলায়ও নদীস্রোত এক ঘণ্টায় ঠিক সেই আধ ক্রোশ দক্ষিণে লইয়া গেল। সুতরাং **নিশ্চল কি সচল উভয় অবস্থাতেই কোন পদার্থের উপর বল প্রযুক্ত হইলে একই ফল উৎপন্ন হয়।**

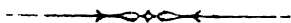
বল সমান্তর ক্ষেত্র-ঘটিত নিয়মে প্রমাণিত হইয়াছে যে, একটী জড় কণার উপর একাধিক বল পৃথক্ পৃথক্ প্রয়োগ করিলেও যে ফল, উহাদের একটী মাত্র সঙ্ঘাত-বল প্রয়োগ করিলেও ঠিক্ সেই ফল। বল সমান্তর-ক্ষেত্র ঘটিত নিয়মটী জড় কণার নিশ্চল ও সচল উভয় অবস্থাতেই প্রযুজ্য, ইহাই দ্বিতীয় নিয়মটীর উদ্দেশ্য।

৩য় নিয়ম। **প্রত্যেক ক্রিয়ার এক একটী প্রতিক্রিয়া আছে। ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার কার্য্য পরিমাণ পরস্পর ঠিক্ সমান, কিন্তু কার্য্য-দিক পরস্পর বিপরীত।**

একটী টেবিলের উপর হস্ত দ্বারা তুমি যে বলে আঘাত

করিবে, টেবিল তোমার হস্তে ঠিক্ সেই বলে আঘাত করিবে। এই দৃষ্টান্তে হস্তের আঘাতকে **ক্রিয়া** অথবা **ঘাত** বলে, কিন্তু টেবিলের আঘাতকে **প্রতিক্রিয়া** অথবা **প্রতিঘাত** বলে। হস্তের ক্রিয়া উর্দ্ধ হইতে নিম্ন দিকে হইল, কিন্তু টেবিলের প্রতিক্রিয়া নিম্ন হইতে উর্দ্ধ দিকে হইল।

৩২। **সংবেগ**—বলের অনুপাতে বেগ হয় না। এক সের সামগ্রী বিশিষ্ট বস্তু যে বলে এক সেকেণ্ডে আট ফুট যায়, দুই সের সামগ্রী বিশিষ্ট বস্তু সেই বলে এক সেকেণ্ডে চারি ফুট যাইবে, চারি সের সামগ্রী-বিশিষ্ট বস্তু সেই বলে এক সেকেণ্ডে দুই ফুট যাইবে, কিংবা আট সের সামগ্রী-বিশিষ্ট বস্তু সেই বলে এক সেকেণ্ডে এক ফুট মাত্র যাইবে। এই স্থলে বস্তুর সামগ্রী-পরিমাণ ও বেগ ভিন্ন ভিন্ন হইলেও উহাদের গুণফল একই এবং বলের কার্য্য-পরিমাণও সমান। $১ \times ৮ = ৮$, $২ \times ৪ = ৮$, $৪ \times ২ = ৮$, $৮ \times ১ = ৮$। **সামগ্রী-পরিমাণ ও বেগের গুণফলেই বলের পরিমাণ নিরূপিত হয়। সামগ্রী ও বেগের গুণফলকে সংবেগ বলে।** বেগ ও সংবেগে অনেক প্রভেদ। একটী এক সের ভারী ও অপর একটী দুই সের ভারী দ্রব্য এক সেকেণ্ডে চারি হাত যাইতেছে। এ স্থলে উভয় দ্রব্যেরই বেগ সমান, কিন্তু প্রথম দ্রব্যটীর অপেক্ষা দ্বিতীয় দ্রব্যটীর সংবেগ দ্বিগুণ। আবার মনে কর, একটী এক সের দ্রব্য এক সেকেণ্ডে চারি হাত যাইল, কিন্তু একটী চারি সের দ্রব্য এক সেকেণ্ডে এক হাত মাত্র যাইল। এস্থলে এক সের দ্রব্যের বেগ চারি গুণ, কিন্তু উভয় দ্রব্যেরই সংবেগ সমান।

সামগ্রী-পরিমাণ ও সংবেগেও অনেক প্রভেদ। এক খানি মাটীর সরার উপর তিন সের ভারী এক খানি ইট রাখিলে সরা খানি ভাঙ্গে না। এস্থলে ইটের সামগ্রী-পরিমাণের তিন সের ভার মাত্র সরার উপর কার্য্য করিতেছে। কিন্তু ইট খানি উচ্চ হইতে ফেলিয়া দিলে সরা খানি গুঁড়া হইয়া যায়। ইহাই সংবেগের কার্য্য। ইট যত ভারী ও যত বেগে পড়িবে, সংবেগ তত অধিক হইবে। ইটের সামগ্রী-পরিমাণের কেবল মাত্র তিন সের ভার যাহা করিতে পারিল না, উহার সহিত বেগ সংযুক্ত হওয়াতে তাহা অনায়াসে পারিল।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

পাদার্থিক আকর্ষণ ও মাধ্যাকর্ষণ

৩৩। **পাদার্থিক আকর্ষণ ও তাহার নিয়ম**—বিশ্বসংসারের যাবতীয় জড় পদার্থ পরস্পরকে আকর্ষণ করে। কি কঠিন, কি দ্রব, কি বায়বীয়, কি স্থূল, কি সূক্ষ্ম, কি ক্ষুদ্র, কি বৃহৎ সমস্ত পদার্থই পরস্পরকে আকর্ষণ করিতেছে। এমন একটী জড়কণা নাই, যাহা আকর্ষণ করিতেছে না, অথবা আকৃষ্ট হইতেছে না। ইহাকেই **পাদার্থিক আকর্ষণ** বলে। এই আকর্ষণ সম্বন্ধে মহাপণ্ডিত নিউটন তিনটী নিয়ম স্থির করিয়া গিয়াছেন।

১ম নিয়ম। **যত দূরবর্ত্তীই হউক, প্রকৃতির যাবতীয় পদার্থ পরস্পরকে আকর্ষণ করিতেছে; এই আকর্ষণগুণে তাহারা ক্রমাগত পরস্পরের দিকে যাইতে চাহিতেছে।**

২য় নিয়ম। **সমান দূরবর্ত্তী পদার্থ সকলের আকর্ষণপরিমাণ তাহাদের সকলের সামগ্রী-পরিমাণের গুণ ফলের অনুরূপ।**

৩য় নিয়ম। **সামগ্রী-পরিমাণ সমান থাকিলে, দূরত্বের বর্গের বিপরীত অনুপাতে আকর্ষণের পরিমাণ হয়।**

প্রত্যেক পদার্থের সমগ্র সামগ্রী পরিমাণ সেই পদার্থের কেন্দ্রস্থানে একত্রিত, ইহা ভাবিয়াই আকর্ষণের হিসাব করিতে হয়। মনে কর, নির্দ্দিষ্ট দূরবর্ত্তী দুইটী গোলক পরস্পরকে আকর্ষণ করিতেছে। ইহাদের একটীর সামগ্রী-পরিমাণ যদি দুই কি তিন গুণ বর্দ্ধিত হয়, তাহা হইলে উহাদের পরস্পরের প্রতি আকর্ষণ শক্তি দুই কি তিন গুণ হইবে। কিন্তু যদি একটী গোলকের সামগ্রী-পরিমাণ দুই গুণ ও অপরটীর সামগ্রী-পরিমাণ তিন গুণ বর্দ্ধিত হয়, এবং মধ্যবর্ত্তী দূরতা সমান থাকে, তাহা হইলে উহাদের আকর্ষণ শক্তি ছয় গুণ বাড়িবে। গোলকদ্বয়ের সামগ্রী-পরিমাণ পরিবর্ত্তন না করিয়া, উহাদের উভয় কেন্দ্রের মধ্যবর্ত্তী দূরতা এক হইতে ক্রমাগত দুই, তিন, চারি...গুণ বাড়াইলে আকর্ষণ শক্তি ক্রমশঃ কমিয়া প্রথম আকর্ষণ শক্তির চারি, নয়, ষোল...ভাগের এক ভাগ হইবে।

৩৪। মাধ্যাকর্ষণ—যে বলের গুণে পৃথিবী তদুপরিস্থ যাবতীয় পদার্থকে নিজের কেন্দ্রের দিকে আকর্ষণ করে, তাহাকে মাধ্যাকর্ষণ বলে। মাধ্যাকর্ষণ গুণেই পদার্থসকল অবলম্বনহীন হইলেই পৃথিবীর অর্থাৎ উহার কেন্দ্রের দিকে পড়ে। মাধ্যাকর্ষণ পাদার্থিক আকর্ষণের অন্তর্ভুক্ত, সুতরাং পাদার্থিক আকর্ষণের নিয়মও যাহা, মাধ্যাকর্ষণের নিয়মও তাহাই। পৃথিবীর কোন পদার্থ অপর পদার্থ অপেক্ষা দুই কি তিন গুণ সামগ্রী বিশিষ্ট হইলে পৃথিবী সেই পদার্থকে দুই কি তিন গুণ বলে আকর্ষণ করিবে; অর্থাৎ প্রথম পদার্থ দ্বিতীয় পদার্থ অপেক্ষা দুই কি তিন গুণ অধিক ভারী

হইবে। কারণ, মাধ্যাকর্ষণ হইতেই পদার্থের **ভার** উৎপন্ন হয়। মাধ্যাকর্ষণ যতটুকু বলে কোন পদার্থকে নিম্নে টানিতে থাকে ঠিক্ ততটুকু বল মাধ্যাকর্ষণের বিরুদ্ধে প্রয়োগ করিতে পারিলে, পদার্থটীকে উর্দ্ধে ধরিয়া রাখা যাইতে পারে। যে পদার্থকে মাধ্যাকর্ষণ এক সের বলে টানিতেছে, তুলাদণ্ডে ঠিক্ এক সের বাটখারা দিয়াই তাহাকে তৌল করিতে হয়। ঐ পদার্থের ভার এক সের। অতএব **কোন পদার্থের প্রতি মাধ্যাকর্ষণের বল যত, তাহা প্রতিরোধ করিতে যত বল আবশ্যক হয়, তাহাই ঐ পদার্থের ভার।**

পাদার্থিক আকর্ষণের তৃতীয় নিয়মানুসারে পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে যে পদার্থ যত অধিক দূর, তাহার প্রতি মাধ্যাকর্ষণের বল তত অল্প। সুতরাং তাহার ভারও সেই পরিমাণে অল্প হয়। সকলেই জানে যে, পৃথিবীর পৃষ্ঠদেশ পূর্ণ গোলাকার নহে, নিরক্ষ-দেশ কিঞ্চিৎ স্ফীত ও মেরু-প্রদেশ কিছু চাপা। সুতরাং নিরক্ষ-দেশস্থ পদার্থ পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে যতদূর, মেরু-প্রদেশস্থ পদার্থ তদপেক্ষা অল্পদূর। অতএব **নিরক্ষ-প্রদেশে কোন পদার্থের যত ভার হইবে, মেরু-প্রদেশে সেই পদার্থের ভার তদপেক্ষা অধিক হইবে।** এই তারতম্যের আরও একটী কারণ আছে। মেরু-প্রদেশ অপেক্ষা নিরক্ষ প্রদেশে কেন্দ্রাপসারক বলের কার্য্য অধিক প্রবল। এই কেন্দ্রাপসারক বল মাধ্যাকর্ষণের বিরুদ্ধে কার্য্য করিয়া নিরক্ষ প্রদেশে পদার্থের ভার কমাইয়া দেয়।

পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে পৃষ্ঠদেশ প্রায় ৪,০০০ মাইল দূরে। এত দূরে পদার্থ সকল পৃথিবীর কেন্দ্রের পক্ষে সমান দূরবর্ত্তী, সুতরাং কেবল সামগ্রীপরিমাণের তারতম্যেই পদার্থের ভারের তারতম্য হয়।

যে বস্তু অধিক ভারী তাহা যে শীঘ্র পড়িবে, এমন নহে। পৃথিবীর পৃষ্ঠদেশস্থ পদার্থ সকল পরস্পরের তুলনায় ক্ষুদ্র ও বৃহৎ বটে, কিন্তু সমগ্র পৃথিবীর সামগ্রীপরিমাণের তুলনায় ঐ সমস্ত পদার্থের তারতম্য বড় অধিক থাকে না, প্রায় সমান হয়। সুতরাং পৃথিবী যে বলে ঐ সকল পদার্থের প্রত্যেকটীকে টানে, তাহা পৃথিবীর সমগ্র সামগ্রীপরিমাণের তুলনায় প্রায় সমান। এই জন্য, **বাধা না থাকিলে, গুরু লঘু সকল দ্রব্যই কোন স্থান হইতে এক কালে নিক্ষিপ্ত হইলে, ঠিক্ একই সময়ে পৃথিবীর উপর পড়িবে।** সোলা ও লৌহ ঠিক্ একই সময়ে পড়িত, কিন্তু বায়ুর বাধা পাইয়া সোলা শীঘ্র পড়িতে পারে না।

মাধ্যাকর্ষণ ও ভার এতদুভয়ে একটু প্রভেদ আছে, তাহা স্মরণ রাখা আবশ্যক। **বস্তু সকল পৃথিবীর দিকে পতিত হয়, এই পতনের কারণ মাধ্যাকর্ষণ; কিন্তু বস্তু সকল পৃথিবীর দিকে পতিত হয় বলিয়াই উহাদের ভার রূপ ধর্ম্ম উৎপন্ন হইয়াছে।**

৩৫। মাধ্যাকর্ষণ না থাকিলে কি ক্ষতি হইত?

—মনে কর, মাধ্যাকর্ষণ বলিয়া কোন বল নাই; পৃথিবী কোন পদার্থকে টানে না। বাস্তবিক, যখন আমরা পাহাড়ের ন্যায়

কোন উচ্চ স্থানে উঠিতে যাই, তখন বড়ই ইচ্ছা হয় যে, মাধ্যাকর্ষণ না থাকে এবং নামিবার সময় যেমন অনায়াসে নামিতে পারি, উঠিবার সময়ে সেইরূপ অক্লেশে উঠিতে পারি। মাধ্যাকর্ষণ প্রভাবেই বস্তুর ভার উৎপন্ন হয়; মাধ্যাকর্ষণ না থাকিলে আমাদের শরীরের ভার থাকিবে না, সুতরাং আমরা অনায়াসেই পাহাড়ের উপর উঠিতে পারিব, কোন শ্রমবোধ হইবে না। মাধ্যাকর্ষণ না থাকিলে পাহাড়ে উঠিতে সুবিধা হয় বটে, কিন্তু যদি আমরা বায়ুতে লম্ফ প্রদান করি, তাহা হইলে সেই থানেই থাকিতে হইবে; এমন কি, এই পৃথিবী ছাড়িয়া আকাশে চলিয়া যাইতে পারি। মাধ্যাকর্ষণ না থাকিলে ঘরের দ্রব্যাদি কতকগুলি মেজেতে থাকিবে, কতকগুলি ছাদের নিম্নের গায় ঝুলিবে, কতকগুলি ঘরের ভিতর আকাশে ভাসিয়া বেড়াইবে। আবার, চন্দ্র আমাদিগকে ছাড়িয়া কোথায় চলিয়া যাইবে; পৃথিবীও সূর্য্যের সহিত মাধ্যাকর্ষণে আবদ্ধ না থাকাতে কোথায় কোন দিকে চলিয়া যাইবে।

৩৬। **ভারকেন্দ্র**—পৃথিবী কোন পদার্থকে টানিতেছে বলিলে ইহাই বুঝায় যে, পৃথিবী উক্ত পদার্থের প্রত্যেক অণুকে নিজের কেন্দ্রের দিকে টানিতেছে। কেন্দ্র অত্যন্ত দূরবর্ত্তী বলিয়া ঐ সকল অণুর প্রতি পৃথিবীর আকর্ষণ পরস্পর সমান্তরাল ভাবে হইতেছে বলিয়া ভাবা যাইতে পারে। এই সকল সমান্তরাল বলের সংঘাত বলই, উক্ত অণু সকলের মিলনে গঠিত পদার্থটীর ভার। ঐ সংঘাত-বল যে বিন্দুতে কার্য্য করিবে, তাহাই উক্ত পদার্থটীর **ভারকেন্দ্র**। যেমন কতকগুলি সমান্তরাল বল একত্র যোগে কার্য্য করিলে তাহাদের সংঘাত-

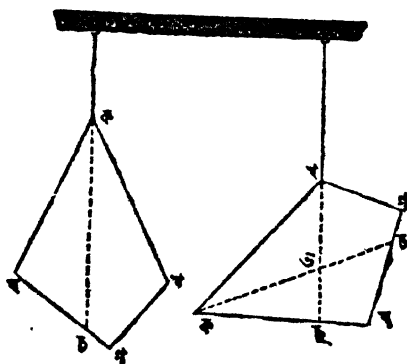
বল একটী মাত্র এবং কেন্দ্রও একটী মাত্র হয়, তেমনই প্রত্যেক পদার্থের ভার একটী মাত্র বল এবং ভারকেন্দ্রও একটী মাত্র বিন্দু হইবে। ভারকেন্দ্র-স্থলে ভারের সমতুল্য একটী বল বিপরীত দিক্ হইতে প্রযুক্ত হইলে পদার্থ কখনই নিম্নে পড়িবে না, সাম্যাবস্থায় থাকিবে। সুতরাং ভারকেন্দ্র অবলম্বন পাইলে সমগ্র পদার্থটী স্থির থাকিবে। **প্রত্যেক পদার্থেই এমন একটী বিন্দু আছে, যাহাতে ঐ পদার্থের সমগ্র ভার নিম্ন দিকে কার্য্য করে; এই বিন্দু অবলম্বনহীন হইলে মাধ্যাকর্ষণ প্রভাবে পদার্থটী পৃথিবীর দিকে পড়িয়া যায়, কিন্তু এই বিন্দুটী অবলম্বন পাইলে মাধ্যাকর্ষণ বাধা পায় এবং পদার্থটী পড়িতে পারে না—প্রত্যেক পদার্থস্থ এইরূপ বিন্দুটীকে উহার ভারকেন্দ্র বলে।**

কোন সরল রেখার মধ্যবিন্দুই তাহার ভারকেন্দ্র; বৃত্তাকার পদার্থের কেন্দ্রই তাহার ভারকেন্দ্র; স্তম্ভাকার পদার্থের মেরুদণ্ডের মধ্যবিন্দুই তাহার ভারকেন্দ্র; বর্গ কি আয়তক্ষেত্রের দুইটী কর্ণের মিলন-বিন্দুই তাহার ভারকেন্দ্র। ফাঁপা দ্রব্যের মধ্যবিন্দু উহার মধ্যবর্ত্তী শূন্যস্থানে অবস্থিত; সুতরাং ফাঁপা দ্রব্যের ভারকেন্দ্র উহার মধ্যবর্ত্তী শূন্য স্থানে।

কোন বস্তু নিম্নদিকে ভূপৃষ্ঠের উপর যতটুকু পরিমাণ স্থান অধিকার করে, তাহাকেই উহার **ভূমি** বলে। কোন বস্তুর ভারকেন্দ্র হইতে নিম্নদিকে লম্বরেখা টানিলে যদি উহা ঐ বস্তুর ভূমির ভিতরে পড়ে, তবে বস্তুটী অবলম্বন পাইয়া স্থির থাকে; কিন্তু রেখাটী ভূমির বাহিরে পড়িলে বস্তুটী অবলম্বনহীন হয়,

সুতরাং পড়িয়া যায়। যে বস্তুর ভূমি প্রশস্ত তাহা অধিক পরিমাণে না হেলিলে পড়ে না, আর যে বস্তুর ভূমি অপ্রশস্ত তাহা অল্প হেলিলেই পড়িয়া যায়।

ভারকেন্দ্রের ভিতর দিয়া উর্দ্ধ কি নিম্নদিকে লম্ব টানিয়া সেই লম্বরেখার কোন বিন্দুতে অবলম্বন দিলেই ভারকেন্দ্রটী অবলম্বন প্রাপ্ত হয়। এই জন্য কোন বস্তু ঝুলাইয়া রাখিলে উহার অবলম্বন বিন্দুর ঠিক্ নিম্নদিকে ভারকেন্দ্র থাকিবে; অথবা কোন বস্তুকে দণ্ডায়মান অবস্থায় রাখিতে হইলে উহার অবলম্বন বিন্দুর ঠিক্ উর্দ্ধ দিকে ভারকেন্দ্র থাকিবে। বাজিকরেরা দড়ির উপর দিয়া যখন চলিয়া যায়, তখন দড়ির ঠিক্ উর্দ্ধ দিকে শরীরের ভারকেন্দ্র রাখিবার জন্য হস্তে এক গাছি লম্বা বাঁশ অথবা লাঠি রাখে।

৩৭। ভারকেন্দ্র নিরূপণ করিবার বিষয়ে একটী

৪র্থ চিত্র।

পরীক্ষা—একখানি লৌহপাতের চারিটী কোণ ক, খ, গ, ঘ। (৪র্থ চিত্র)। ক কোণে সূতা বাঁধিয়া লৌহপাতখানি

ঝুলাও। সূতা ও লৌহপাতখানি কি ভাবে অবস্থিত হইবে তাহা ৪র্থ চিত্রে দেখা যাইতেছে। সূতাটী যে রেখাক্রমে অবস্থিত, সেই রেখাটী বর্দ্ধিত করিয়া লৌহপাতের উপর দাগ দাও। এই দাগটী কচ রেখা হইবে। ক কোণ হইতে সূতা খুলিয়া খ কোণে বাঁধিয়া ঝুলাও। পূর্ব্ববৎ দাগ দিলে, এবারে খছ রেখা উৎপন্ন হইবে। কচ ও খছ পরস্পর ভ বিন্দুতে ছেদ করিতেছে। গ ও ঘ কোণে ঝুলাইলেও যে রেখাগুলি উৎপন্ন হইবে, সেগুলিও এই ভ বিন্দুর মধ্য দিয়া যাইবে। আবার দেখ, ক, খ, গ, ঘ, যে কোন বিন্দু হইতে লৌহপাতখানি ঝুলাও না, ভ বিন্দুটী সেই বিন্দুর নিম্নদিকে ঠিক্ লম্বরেখাক্রমে থাকিবে। লৌহপাতখানি এক পার্শ্বে টানিয়া দিলে আবার পূর্ব্ববৎ অবস্থিত হইবে। এই ভ বিন্দুটী কিরূপ বিন্দু? এই ভ বিন্দুতে সূতা বাঁধিয়া লৌহপাতখানি ঝুলাও। উহা এমন ভাবে ঝুলিবে, যেন উহার সমস্ত ভার ঐ ভ বিন্দুতে একত্র হইয়া ঝুলিতেছে। এই ভ বিন্দুকেই আমরা লৌহপাতখানির **ভারকেন্দ্র** বলিয়া থাকি। যে বিন্দু হইতেই লৌহপাতখানি ঝুলাও, ভ বিন্দুটী সেই বিন্দুর নিম্নদিকে ঠিক্ লম্বভাবে থাকিবেই থাকিবে, কোনও মতে অন্যথা হইবে না।

৩৮। **সাম্যভাব তিন প্রকার**—পদার্থের সাম্যভাব তিন প্রকার—**স্থায়ী, অস্থায়ী ও উদাসীন**। যে অবস্থাতে কোন বস্তুর সাম্যভাব সহজে নষ্ট হয় না, বরং বস্তুটী কিঞ্চিৎ সঞ্চালিত হইলেও পুনর্ব্বার পূর্ব্বাবস্থা প্রাপ্ত হয়, তাহাকে **স্থায়ী** সাম্যভাব বলে। যে অবস্থাতে অল্প সঞ্চালিত হই—
সাম্যভাব নষ্ট হয়, তাহাকে **অস্থায়ী** সা—

স্থাতে বস্তুটী নূতন নূতন ভাবে অবস্থিত হইলেও, সাম্যভাব লাভ করিতে পারে, তাহাকে **উদাসীন** সাম্যভাব বলে।

মোচার অগ্র ভাগ কাটিয়া লইয়া, তিন প্রকার সাম্যভাব পরিষ্কার রূপে বুঝা যাইতে পারে। উহার কাটা দিক্ সমতল ভূমির উপর রাখিলে স্থায়ী সাম্যভাব হয়, কারণ এ অবস্থায় অল্প হেলাইলে উহা পূর্ব্বাবস্থা প্রাপ্ত হয়। উহার সূক্ষ্ম ভাগ ভূমিতে রাখিলে অস্থায়ী সাম্যভাব হয়, কারণ এ অবস্থায় ঈষৎ স্পর্শ করিলেই উহা পড়িয়া যায়। উহা ভূমির উপর কাৎ করিয়া রাখিলে, উদাসীন সাম্যভাব হয়, কারণ এ অবস্থায় উহাকে একটু ঠেলিলেই অন্য স্থানে গড়াইয়া যায় বটে, কিন্তু যেখানে যাউক, সাম্যাবস্থা লাভ করিবেই।

৩৭। **তুলাদণ্ড**—১২শ চিত্রে যে তুলাদণ্ডটী দেখিতেছ, উহার ভারকেন্দ্র আছে। দুই থানি পাল্লাতে সমান সমান বাটখারা দিলে, যে মণির উপর তুলাদণ্ডটী স্থাপিত, সেই মণির ঠিক্ নিম্নেই তুলাদণ্ডের ভারকেন্দ্রটী পড়িবে। দণ্ডটী নাড়িয়া দিলেও অবশেষে পূর্ব্ববৎ অবস্থিত হইবে, এবং কাঁটাটী ঠিক্ মধ্যস্থলে থাকিবে। কোন পদার্থ মাপিবার সময় একটী পাল্লায় পদার্থটী দিয়া অপর পাল্লায় বাটখারা দিতে হয়। যখন কাঁটাটী ঠিক্ মধ্যবিন্দুতে থাকে, তখন আমরা অবশ্যই বুঝিব যে, এক দিকের বাটখারার ভার অপর দিকের পদার্থের ভারের সমান হইয়াছে। যদি বাটখারা কম হয়; তাহা হইলে পদার্থটীর ভার অধিক হওয়াতে দণ্ডটী সেই দিকে ঝুঁকিয়া পড়িবে। আর যদি বাটখারার ভার অধিক হয়, তাহা হইলে দণ্ডটী বাটখারার দিকে ঝুঁকিয়া পড়িবে।

মনে কর, একটী পাল্লাতে একখণ্ড ধাতু রাখিয়া অপর পাল্লাতে একটী ছটাক দিলাম; এবং যে পাল্লাতে ধাতুখণ্ড দিয়াছি, তাহা নামিয়া পড়িল। ইহাতে অবশ্যই বুঝিতে হইবে যে, ধাতুখণ্ড এক ছটাক অপেক্ষা ভারী। বাটখারার দিকে তিন ছটাক দিলে দেখা গেল যে, বাটখারার পাল্লা নামিয়া পড়িল। সুতরাং ধাতুখণ্ড তিন ছটাক অপেক্ষা কম ভারী। তবে অবশ্যই ধাতুখণ্ডের ভার এক ছটাক ও তিন ছটাকের মধ্যে। বাটখারার দিকে দুই ছটাক দিয়া দেখা গেল, কাঁটাটী ঠিক্ মধ্যবিন্দুতে দাঁড়াইয়াছে এবং দণ্ডটী ঠিক্ সমতল হইয়াছে। তাহা হইলে ধাতুখণ্ডের ভার ঠিক্ দুই ছটাক।

৪০। **পতনশীল বস্তুর পড়িবার নিয়ম**—যেখানে কোন বাধা নাই, এমন শূন্য স্থানে কোন বস্তু পড়িলে, তাহার পতন নিম্নলিখিত তিনটী নিয়মের অধীন হয়ঃ—

১ম। **শূন্য স্থানে সকল পদার্থই সমান বেগে পড়ে।**

২য়। **পড়িতে যত সময় (সেকেণ্ড হিসাবে) লাগে, তাহার বর্গের অনুপাতেই পতনের দূরত্ব নিরূপিত হয়।** মনে কর, যদি কোন বস্তু এক সেকেণ্ডে ১৬ ফুট পড়ে, তবে দুই সেকেণ্ডে ৬৪ ফুট, অর্থাৎ চারিগুণ অধিক দূর পড়িবে; তিন সেকেণ্ডে ১৪৪ ফুট, অর্থাৎ নয়গুণ অধিক দূর পড়িবে।

৩য়। **পড়িতে যত সময় (সেকেণ্ড হিসাবে) লাগে, তাহারই অনুপাতে পতনশীল বস্তুর বেগ**

বৃদ্ধি হয়। মনে কর, কোন পতনশীল বস্তুর বেগ এক সেকেণ্ডের শেষে ৩২ ফুট, তাহা হইলে দুই সেকেণ্ডের শেষে উহার বেগ ৬৪ ফুট, তিন সেকেণ্ডের শেষে ৯৬ ফুট হইবে।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

আণবিক আকর্ষণ

৪১। **আণবিক আকর্ষণ মূলতঃ কয় প্রকার?**—মূলতঃ আণবিক আকর্ষণ দুই প্রকার—**সংহতি ও রাসায়নিক সংসক্তি।**

৪২। **সংহতি কাহাকে বলে?**—একগাছি দড়ি অথবা তার লইয়া ছিঁড়িতে চেষ্টা কর; দেখিবে, উহা এমন একটী বল প্রয়োগ করিতেছে, যাহাতে তোমাকে সহসা ছিঁড়িতে দিতেছে না; যখন তোমার বল এই বল অপেক্ষা অধিক হয়, তখনই উহা ছিঁড়ে। প্রভ্যুত, ঐ দড়ি অথবা তারের বিভিন্ন অংশগুলি একটী বল দ্বারা এমন দৃঢ়রূপে আবদ্ধ রহিয়াছে যে, সে অংশগুলি সহসা বিচ্ছিন্ন হয় না। কাষ্ঠ, প্রস্তর, ধাতু প্রভৃতি সমুদয় কঠিন পদার্থের অংশগুলি এই প্রকার দৃঢ়রূপে আবদ্ধ। কঠিন পদার্থকে খণ্ড খণ্ড করা, কি বাঁকান, কি গুঁড়া করা, কি তাহার আকৃতি পরিবর্ত্তন করা নিতান্ত সহজ নয়। **যে বলে পদার্থের বিভিন্ন অংশগুলি আবদ্ধ থাকে, তাহাকেই সংহতি বলে।**

৪৩। **সংহতি কয় প্রকার ?**—সংহতি দুই প্রকার—**সম সংহতি ও বিষম সংহতি।** এক জাতীয় অণুর মধ্যে যে যোগাকর্ষণ, তাহাকে **সম সংহতি** এবং ভিন্ন ভিন্ন জাতীয় অণুর মধ্যে যে যৌগাকর্ষণ, তাহাকে **বিষম সংহতি** বলে। জল জলের সহিত মিশে, পারদ পারদের সহিত মিশে, সীস সীসের সহিত ও কর্ক কর্কের সহিত সহজে জুড়িয়া যায়, ইহা সম সংহতির ফল। কাগজের উপর পেন্সিলে লিখিলে কিংবা বোর্ডের উপর খড়িতে লিখিলে দাগ পড়ে; জলে হাত ডুবাইয়া তুলিয়া লইলে হাতে জল লাগিয়া থাকে; খড়ি জলে ডুবাইলে খড়ি হইতে বুদ্‌বুদাকারে বায়ু বাহির হইতে থাকে; দুগ্ধের সহিত জল মিশে, এ সমস্তই বিষমসংহতির কার্য্য।

কৈশিকতা এবং অন্তর্ব্বাহ ও বহির্ব্বাহ সংহতির কার্য্য মাত্র।

৪৪। **কৈশিকতা কাহাকে বলে ?**—অতি সূক্ষ্ম ছিদ্রবিশিষ্ট একটী কাচনল জলে কিয়দংশ ডুবাইলে নলের ভিতর এবং বাহিরের গাত্রে জলের উপরিভাগ হইতে কিঞ্চিৎ উচ্চ পর্য্যন্ত জল উঠে। বিষমসংহতির গুণে কাচের অণু জলের অণুকে আকর্ষণ করে, আবার সমসংহতির গুণে কাচের দিকে আকৃষ্ট জলাণু নিকটবর্ত্তী অপর জলাণুকে আকর্ষণ করে। ইহাতেই জলের উপরিভাগ হইতে কিঞ্চিৎ উচ্চ পর্য্যন্ত জল উন্নত হয়। ইহাকে **কৈশিকোন্নতি** কহে। উক্ত কাচনলটী পারদে কিয়দংশ ডুবাইলে নলের ভিতরে পারদ ঊর্দ্ধে না উঠিয়া বরং কিঞ্চিৎ নামিয়া পড়ে। ইহাকে **কৈশিকাবনতি** বলে। এস্থলে কাচের সহিত পারদের বিষমসংহতির অভাব বলিয়া, সমসংহতির

গুণে পারদের অণু নিকটবর্ত্তী পারদাণুকে আকর্ষণ করিয়া কাচের গাত্র হইতে দূরে লইয়া যাইতে চায়; তাহাতেই নলের গাত্রের নিকট পারদ কিঞ্চিৎ অবনত ও মধ্যস্থলে কিঞ্চিৎ স্ফীত বোধ হয়। কেশসদৃশ অতি সূক্ষ্ম নলেই এই রূপ উন্নতি ও অবনতি লক্ষিত হয় বলিয়া ইহার নাম কৈশিকতা হইয়াছে।

৪৫। কৈশিকতা সম্বন্ধে নিয়ম—কৈশিকতার দুইটী প্রধান নিয়ম।

১ম। অতি সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম ছিদ্রবিশিষ্ট কোন কঠিন দ্রব্য যে দ্রব পদার্থে ডুবাইলে ভিজিয়া উঠে, সেই দ্রব পদার্থের সহিত উক্ত কঠিন দ্রব্যের সংস্পর্শ হইলেই কৈশিকোন্নতি ঘটে। আর যদি ঐ দ্রব পদার্থ উক্ত কঠিন দ্রব্যকে ভিজাইতে না পারে, তাহা হইলে উহাদের সংস্পর্শে কৈশিকাবনতি ঘটে। নলের ছিদ্র যত সূক্ষ্ম হইবে, কৈশিকোন্নতি তত অধিক হইবে। এক কেশ পরিমিত ছিদ্রবিশিষ্ট নলে জল যতদূর উঠিবে, অর্দ্ধ কেশ পরিমিত ছিদ্র বিশিষ্ট নলে তাহার দ্বিগুণ উঠিবে।

২য়। দ্রব পদার্থের প্রকৃতি অনুসারে কৈশিকোন্নতির তারতম্য হয় এবং তাপ সহকারে উন্নতি বাড়ে। দাগ দেওয়া কোন কৈশিক কাচনলে জল ৩০ দাগ উঠিলে, টার্পিন ১৩ দাগ এবং সুরাসার ১২ দাগ মাত্র উঠিবে।

৪৬। **কৈশিকতার কয়েকটী দৃষ্টান্ত**—মাটী হইতে উদ্ভিদ্-শরীরে রস উঠে; সলিতা দিয়া তৈল উঠে; নদীতে পূর্ণ জোয়ার হইলে যত দূর জল উঠে, তদপেক্ষাও কিঞ্চিদূর্দ্ধ পর্য্যন্ত মাটী ভিজিয়া যায়; এক ড্যালা চিনি জলের উপর ঠেকাইয়া ধরিলে সমস্ত চিনিটুকু ভিজিয়া উঠে; কালীর উপর ব্লটিং কাগজ ধরিলে, কাগজ কালীকে চুষিয়া লয়; এ সমস্তই কৈশিকতার কার্য্য। দ্রব পদার্থের শোষণ কৈশিকতাতেই হয়।

একটী কঠিন পদার্থে কোন দ্রব পদার্থ শোষিত হইলে উহার আয়তন বৃদ্ধি পায়। তাপ দ্বারা ঐ দ্রব পদার্থ বিতাড়িত হইলে কঠিন পদার্থটী সঙ্কুচিত হয়। এই জন্যই ঘরের দরজা, কপাট, খুঁটী প্রভৃতি শুকাইবার সময় ফাটিতে থাকে, মধ্যে মধ্যে ফাটিবার শব্দ শুনা যায়।

নূতন কাপড় কি দড়ি জলে ভিজিলে প্রসারিত না হইয়া সঙ্কুচিত হয়। ইহার কারণ আর কিছুই নহে। যখন সূত্র-গুলি ভিজিয়া ফুলিয়া উঠে, তখন দড়ি ও কাপড় প্রকৃত পক্ষে বাড়িয়া যায়; কিন্তু পাকান সূত্রগুলি ফুলিয়া উঠিলে আরও পাক বৃদ্ধি পায়। সুতরাং দড়ি ও কাপড় সঙ্কুচিত হইয়া পড়ে।

৪৭। **অন্তর্ব্বাহ ও বহির্ব্বাহ কাহাকে বলে?**— **যে যে পদার্থের মধ্যে পরস্পর বিষমসংহতি আছে, এমন দুই দ্রব পদার্থের কোনটী একটী পাত্রে পুরিয়া তাহার মুখ সূক্ষ্ম চর্ম্ম দ্বারা আবৃত কর। অপর দ্রব পদার্থটী অপর একটী পাত্রে পূরিয়া, প্রথম পাত্রটী**

দ্বিতীয় পাত্রের ভিতর ডুবাইয়া রাখিলে, চর্ম্মের ভিতর দিয়া একটী প্রবাহ বাহির হইতে ভিতরে এবং অপর একটী প্রবাহ ভিতর হইতে বাহিরে যাইতে থাকে। ইহাকে অন্তর্ব্বাহ ও বহির্ব্বাহ বলে।

৪৮। মাধ্যাকর্ষণ ও সংহতিতে প্রভেদ কি?—যে বলে পৃথিবী সমস্ত পদার্থকে নিজের দিকে টানে, তাহাকেই মাধ্যাকর্ষণ বলে; ইহা অনেক দূর পর্য্যন্ত কার্য্য করিতে পারে। চন্দ্র পৃথিবী হইতে দুই লক্ষ চল্লিশ হাজার মাইল দূরে রহিয়াছে, তথাপি মাধ্যাকর্ষণ প্রভাবে পৃথিবী চন্দ্রকে টানিতেছে। আবার, যে বলে পদার্থের বিভিন্ন অংশ-গুলি নিকটবর্ত্তী থাকিলে সম্মিলিত হয়, তাহাকেই সংহতি বলে। অংশগুলি খুব নিকটবর্ত্তী না হইলে এই বলের কার্য্য হয় না। এই কারণেই কোন বস্তুকে ভাঙ্গিলে অথবা গুঁড়া করিলে, অণুগুলি পুনরায় সহসা মিলিত হয় না।

৪৯। সংহতি না থাকিলে কি ক্ষতি হইত?—মনে কর, সংহতি বলিয়া কোন বল নাই। এই বল না থাকিলে কঠিন পদার্থের অণুগুলি পরস্পরকে আকর্ষণ করিবে না, সুতরাং পদার্থগুলি গুঁড়া হইয়া যাইবে। আমাদের তক্তাপোস, বিছানা প্রভৃতি কিছুই থাকিবে না; ঘরের ইট থাকিবে না, সুতরাং ঘরই হইবে না; এমন কি আমাদের নিজের শরীরই থাকিবে না। প্রত্যুত, জগতের সমস্ত পদার্থ এক বৃহৎ ধূলারাশিতে পরিণত হইবে।

৫০। রাসায়নিক সংসক্তি কাহাকে বলে?—অঙ্গার ও (Oxygen—অক্সিজেন) অম্লজনক গ্যাস পরস্পরের সহিত মিলিত হইয়া (Carbonic acid gas—কার্ব্বনিক এসিড গ্যাস) দ্ব্যম্লাঙ্গারক গ্যাস উৎপন্ন করে। পৃথিবী যেমন প্রস্তরখণ্ডকে আকর্ষণ করে, অঙ্গার ও অম্লজনক গ্যাসও সেইরূপ পরস্পরকে আকর্ষণ করে। এই আকর্ষণের বলেই উহারা পরস্পর মিলিত হয়। এই মিলনে যে পদার্থটী উৎপন্ন হয়, সেটী মিলিত পদার্থদ্বয় হইতে সম্পূর্ণ ভিন্নধর্ম্মাক্রান্ত। **যে ধর্ম্মের গুণে ভিন্ন ভিন্ন মূল পদার্থ সংযুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ প্রস্তুত করে এবং যৌগিক পদার্থ সকল মূল পদার্থ গুলিকে সহজে বিশ্লিষ্ট হইতে দেয় না, তাহাকে রাসায়নিক সংসক্তি কহে। রাসায়নিক সংসক্তিক্রমে কয়েকটী মূল পদার্থ সংযুক্ত হইলে, যৌগিক পদার্থটীর ধর্ম্ম মূল পদার্থগুলির ধর্ম্ম হইতে বিভিন্ন হয়।** রাসায়নিক সংসক্তির বিশেষ লক্ষণ এই যে, সম্পূর্ণ পৃথক ধর্ম্মাক্রান্ত পদার্থই ইহাতে আকৃষ্ট হয়। মাধ্যাকর্ষণ ও সংহতি সমজাতীয় ও বিষমজাতীয় সকল পদার্থেই কার্য্য করে, কিন্তু রাসায়নিক সংসক্তি কেবল বিষমজাতীয় পদার্থেই কার্য্য করে।

৫১। রাসায়নিক সংসক্তি না থাকিলে কি ক্ষতি হইত?—মনে কর, রাসায়নিক সংসক্তি বলিয়া কোন বল নাই। তাহা হইলে প্রথমতঃ অগ্নি জ্বলিবে না, কারণ কাষ্ঠের

অঙ্গার ভাগ বায়ুর অন্তর্গত অম্লজনক গ্যাসের সহিত রাসায়নিক সম্বন্ধে মিলিত হইতে চাহিবে না। দ্বিতীয়তঃ স্বর্ণ লৌহ প্রভৃতি ধাতু এবং অম্লজনক প্রভৃতি গ্যাস লইয়া যে সত্তরটী রূঢ় পদার্থ পৃথিবীতে আছে, তাহা ছাড়া একটীও যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হইবে না। পৃথিবীতে নানা পদার্থ থাকাতে দেখিতে কেমন বিচিত্র হইয়াছে, কিন্তু রাসায়নিক সংসক্তি না থাকিলে এরূপ নানা পাদার্থ প্রস্তুত হইতে পারিবে না, সুতরাং বিচিত্রতাও থাকিবে না। আমাদের শরীর নানা রূঢ় পদার্থের মিলনে যৌগিক পদার্থে নির্ম্মিত, সুতরাং রাসায়নিক সংসক্তি না থাকিলে আমরাই এক মুহূর্ত্ত বাঁচিব না।

দ্বিতীয় অধ্যায়।

কঠিন পদার্থের বিশেষ-ধর্ম্ম।

৫২। কঠিন পদার্থ কাহাকে বলে?—যে পদার্থের আয়তন ও আকার সর্ব্বদাই একরূপ থাকে, বল দ্বারা নষ্ট না করিলে যাহার আয়তন ও আকার পরিবর্ত্তিত করা যায় না, তাহাই কঠিন পদার্থ। যেমন—লৌহ, কাষ্ঠ প্রভৃতি।

কঠিন পদার্থের বিশেষত্ব এই যে, উহা নির্দ্দিষ্ট আয়তন এবং আকার উভয়ই রক্ষা করে।

৫ম চিত্রে একই আয়তনের অথচ ভিন্ন আকারের দুইটী পাত্র রহিয়াছে। একটী পাত্র জলপূর্ণ করিয়া সেই জল অপর পাত্রে ঢাল; দেখিবে, দ্বিতীয় পাত্রটীও পূর্ণ হইবে। সুতরাং দুইটী পাত্রের আয়তন অর্থাৎ পরিমাণ সমান, কিন্তু আকার বিভিন্ন,—একটী বোতলের মত, অপরটী কটাহের মত।

৫ম চিত্রে আরও দুইটী প্রতিরূপ রহিয়াছে, উহা দুইটী কাষ্ঠখণ্ড—উভয়েরই আকৃতি একই প্রকার, কিন্তু আয়তন অর্থাৎ পরিমাণ বিভিন্ন।

আয়তন অথবা পরিমাণ বলিলে কি বুঝায় এবং আকৃতি অথবা আকার বলিলে কি বুঝায়, তাহা এখন বুঝা গেল। বোতল

৫ম চিত্র।

ও কটাহের আয়তন সমান, কিন্তু বোতলটীকে জোর করিয়া কটাহের আকারে পরিণত করিতে পারা যায় না; আবার প্রথম ও দ্বিতীয় কাষ্ঠখণ্ড একই আকারের বটে, কিন্তু বৃহৎ খানিকে পেষণ করিয়া ক্ষুদ্র খানির আয়তনের সমান করিতে পারা যায় না। সুতরাং যে পদার্থ খাঁটি কঠিন, তাহার আকৃতি ও আয়তন পরিবর্ত্তন করা যায় না।

৫৩। কঠিন পদার্থের প্রধান প্রধান ধর্ম্ম কি?—কঠিন পদার্থের প্রধান ধর্ম্ম এই :—টানসহত্ব, দৃঢ়তা ও কোমলতা, ভঙ্গপ্রবণতা, আঘাতসহত্ব ও তান্তবতা।

৫৪। টানসহত্ব কাহাকে বলে?—**কোন কোন কঠিন পদার্থকে টানিয়া সহজে ছিন্ন করিতে পারা যায় না, এই গুণকে টানসহত্ব বলে।** কোন বস্তু কত টানসহ তাহা বুঝিতে হইলে, সেই বস্তুতে গোলাকার অথবা

ত্রিকোণাকার লম্বা দণ্ড প্রস্তুত করিতে হয়। তৎপরে সেই দণ্ডটীর নিম্ন দিকে একখানি পাল্লা ঝুলাইয়া তাহাতে ক্রমশঃ বাটখারা দিতে হয়। পাল্লাতে যত ভার দিলে দণ্ডটী ভাঙ্গিয়া যায়, সেই ভার ঐ দণ্ডের টানসহত্ব গুণের সীমা বলিয়া নিরূপিত হয়। কোন বস্তুর উপর চাপ দিলে সহজে ভাঙ্গিতে পারে, কিন্তু উহাতে ভার ঝুলাইলে তত সহজে ছিন্ন হইবে, এমন নহে। কাচ অল্প চাপেই ভাঙ্গে, কিন্তু অনেক ভার ঝুলাইলেও ছিঁড়ে না। চর্ম্ম, পাট, শণ প্রভৃতি কতকগুলি বস্তু অত্যন্ত টানসহ।

৫৫। দৃঢ়তা ও কোমলতা কাহাকে বলে?— একটী কঠিন বস্তু দ্বারা অপর একটী কঠিন বস্তুর উপর দাগ পাড়া যাইতে পারে। **কোন কোন বস্তুর উপর সহজে দাগ পাড়া যায় না, এই গুণকে দৃঢ়তা বলে।** দুই বস্তুর মধ্যে একটী অপরটীর উপর দাগ পাড়িতে পারে, কিন্তু দ্বিতীয় বস্তুটী প্রথম বস্তুর উপর দাগ পাড়িতে পারে না; এস্থলে পরস্পর তুলনায় প্রথম বস্তুটী **দৃঢ়**, দ্বিতীয় বস্তুটী **কোমল**। দৃঢ়তা ও কোমলতা আপেক্ষিক গুণ। কাঠের উপর লৌহ দাগ দিতে পারে, কিন্তু লৌহের উপর কাঠ দাগ দিতে পারে না; আবার কাগজের উপর কাঠ দাগ দিতে পারে, কিন্তু কাঠের উপর কাগজ দাগ দিতে পারে না। এস্থলে, কাগজ অপেক্ষা কাঠ দৃঢ়, কাঠ অপেক্ষা লৌহ দৃঢ়। আবার অপর দিকে লৌহ অপেক্ষা কাঠ কোমল, কাঠ অপেক্ষা কাগজ কোমল। হীরক সর্ব্বল বস্তুর

উপর দাগ দিতে পারে, কিন্তু হীরকের উপর কোন বস্তু দাগ দিতে পারে না, এজন্য হীরক সর্ব্বাপেক্ষা দৃঢ়। গাঢ়তা কি ভারিত্বের সহিত দৃঢ়তার সম্পর্ক নাই। কাচ অপেক্ষা স্বর্ণ গাঢ় ও ভারী, কিন্তু কাচের তুলনায় স্বর্ণ কোমল।

কতকগুলি ধাতুকে উত্তপ্ত করিয়া হঠাৎ শীতল করিলে দৃঢ় হয়, ক্রমশঃ শীতল করিলে কোমল হয়। ইস্পাত অপেক্ষা কাচ দৃঢ়, কিন্তু উত্তপ্ত ইস্পাতকে সহসা জলে ডুবাইলে কাচ অপেক্ষা দৃঢ় হয়: ক্রমশঃ শীতল করিলে এরূপ হয় না।

৫৬। ভঙ্গপ্রবণতা কাহাকে বলে?—যে বস্তু যত দৃঢ় তাহা তত অল্প আঘাতে ভাঙ্গিয়া যায়, এই গুণকে ভঙ্গপ্রবণতা বলে। কতকগুলি ধাতুকে উত্তপ্ত করিয়া সহসা জলে ডুবাইলে বড় ভঙ্গপ্রবণ হয়।

৫৭। আঘাতসহত্ব কাহাকে বলে?—কতকগুলি কঠিন পদার্থকে আঘাত করিলে ভগ্ন না হইয়া পার্শ্বের দিকে বিস্তৃত হইতে থাকে, এই গুণকে আঘাতসহত্ব বলে। অধিকাংশ ধাতুই আঘাতসহ। তাপ সহকারে দ্রব্যের আঘাতসহত্ব গুণ বাড়িতে থাকে। কাচ শীতল অবস্থায় অতি অল্পও আঘাত সহিতে পারে না, কিন্তু অত্যন্ত উত্তপ্ত হইলে আঘাতসহ হয়। শিল্পীরা সকল ধাতুকেই উত্তপ্ত করিয়া পিটিয়া থাকে; কেবল সীসা ও তাম্রকে শীতল অবস্থাতেই পিটিলে উত্তম পাত প্রস্তুত হয়। সীসা, রাং, স্বর্ণ, দস্তা, রৌপ্য, তাম্র, প্লাটিনম্, লৌহ, ইহারা ক্রমান্বয়ে অধিক হইতে অল্পতর আঘাতসহ।

৫৮। **তান্তবতা কাহাকে বলে?—কতকগুলি কঠিন পদার্থকে টানিয়া তন্তু অর্থাৎ তার প্রস্তুত করা যায়, এই গুণকে তান্তবতা বলে।** যাহার পাতলা পাত হয়, তাহারই যে খুব সরু তার হয়, তাহা নহে। রাং ও সীসাতে বেশ পাত হয়, কিন্তু তার হয় না। লৌহে বেশ তার হয়, কিন্তু পাত তেমন হয় না। প্লাটিনম্, রৌপ্য, লৌহ, তাম্র, স্বর্ণ, দস্তা, রাং, সীসা, ইহারা ক্রমান্বয়ে অধিক হইতে অল্পতর তান্তব।

তৃতীয় অধ্যায়।

দ্রব পদার্থের বিশেষ ধর্ম্ম।

৫৯। **দ্রব পদার্থ কিরূপ?**—জলের ন্যায় কোন দ্রব পদার্থ বোতল অথবা অন্য কোন পাত্রে রাখিলে এমন ভাবে চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে যে, উহার উপরিভাগ সম্পূর্ণ সমতল হয়; কিন্তু উহার পরিমাণ বা আয়তনের পরিবর্ত্তন হয় না। তুমি যতই বল প্রয়োগ কর, এক সের জল কিছুতেই আধ সের পাত্রে পূরিতে পারিবে না; এক সের জল এক সেরই থাকিবে। কিন্তু দ্রব পদার্থের আকার অনায়াসেই পরিবর্ত্তিত হইতে পারে। এক সের জল গোলাকার পাত্রে রাখিলে এক সেরই থাকে, কিন্তু গোলাকার দেখায়। সেই জলটুকু চতুষ্কোণ পাত্রে রাখিলে সেই এক সেরই থাকে, অথচ চতুষ্কোণ দেখায়।

৬০। দ্রব পদার্থ প্রায় অনাকুঞ্চনীয়।—জলের ন্যায় সকল দ্রব পদার্থেরই অণুগুলি সহজেই চারিদিকে নাড়া যায়, কিন্তু উহাকে কিছুতেই ক্ষুদ্রতর আয়তনে আকুঞ্চিত করিতে পারা যায় না। এক সের দুগ্ধ কিছুতেই আধ সের কিংবা তিন পোয়া পাত্রে পূরিতে পারা যায় না।

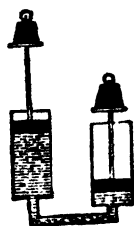
দ্রব পদার্থকে আকুঞ্চিত করিতে একবার চেষ্টা করিয়া দেখা যাউক। একটী পিচ্‌কারীর ভিতর জল পূরিয়া মুখটী বন্ধ করিয়া দাও; অপর দিকে পিচ্‌কারীর অর্গলটী খুব জোরে ঠেলিতে থাক, অথবা ঐ অর্গলের উপর খুব গুরুভার চাপাইয়া দাও; দেখিবে, অর্গলটী কিছুতেই সরিবে না। সুতরাং পিচ্‌কারীর অভ্যন্তরস্থ জলকে আকুঞ্চিত করা গেল না।

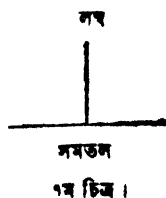
কিন্তু দ্রব পদার্থ আদৌ আকুঞ্চিত হয় না, এমন নহে। অত্যন্ত অধিক ভার চাপাইলে নিতান্ত ঈষৎ আকুঞ্চিত হয়। এক ঘন ইঞ্চ জলের উপর ৩৭৫ মণ ভার চাপাইলে দশমাংশ মাত্র আয়তন কমে; ছাড়িয়া দিলে আবার পূর্ব্বের আয়তন হয়।

৬১। দ্রব পদার্থের চাপ সঞ্চালনের নিয়ম।—**দ্রব পদার্থের এক অংশে চাপ দিলে সেই চাপ তাহার সকল দিকে সমভাবে সঞ্চালিত হয়। এবং ঐ চাপ যে অংশে কার্য্যকারী হয়, তাহার ঠিক্ লম্বভাবে চাপের কার্য্য হয় ও চাপের পরিমাণ সেই অংশের ক্ষেত্রফলের সমানুপাতিক হয়।** ফ্রান্স-দেশীয় পণ্ডিত পাস্কাল এই নিয়মটী আবিষ্কার করেন।

কিঞ্চিৎ পরিমাণ জল দুই দিকে দুইটী অর্গল দ্বারা আবদ্ধ কর (৬ষ্ঠ চিত্র দেখ)। যদি তুমি একটী অর্গল নিম্নদিকে ঠেল, অপর অর্গলটী উপর দিকে উঠিবে। দুইটী অর্গলের উপর যদি পাঁচ সের করিয়া ভার চাপাও, উভয় অর্গলই সাম্যাবস্থায় থাকিবে, কোনটী নড়িবে না।

৬ষ্ঠ চিত্র।

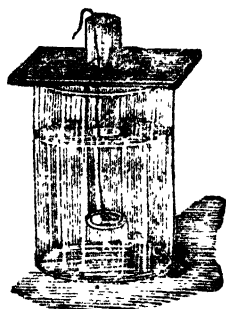
৬ষ্ঠ চিত্রের অর্গল দুইটী লম্বভাবে (১) অবস্থিত। এখন আমরা একটী অর্গল লম্বভাবে ও অপরটী সমতল ভাবে (১) অবস্থিত বলিয়া ভাবিয়া লইয়া, সমতল অর্গলটীর উপর পাঁচ সের ভার চাপাই। যদি এখন লম্ব-ভাবে অবস্থিত অর্গলটীর উপর পাঁচ সের ভার চাপাও, তাহা হইলে কোন অর্গল সরিবে না, উভয়ে সাম্যাবস্থায় থাকিবে। কিন্তু লম্ব অর্গলটীর উপর ছয় সের চাপ দিলে সমতল অর্গলটী সরিয়া যাইবে; অথবা সমতল অর্গলটীতে ছয় সের চাপ দিলে লম্ব অর্গলটী সরিয়া যাইবে। এইরূপে আমরা জলের সাহায্যে লম্ব অর্গলটীর উপর পাঁচ সের পরিমাণ

---

(১) পার্শ্বস্থ চিত্র হইতে লম্ব ও সমতল বুঝিয়া লও।

৭ম চিত্র।

নিম্নাভিমুখ চাপ দিয়া সমতল অর্গলটীর উপর সমপরিমাণ পার্শ্বাভিমুখ চাপের কার্য্য করিতে পারি। এখন বুঝা গেল যে, দ্রব পদার্থ সকল দিকেই চাপ সঞ্চালন করে।

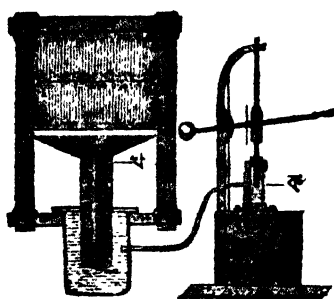
এবার দুইটী নল-অর্গল লও, কিন্তু একটীর মুখের ক্ষেত্র-পরিমাণ অপরটীর দ্বিগুণ। ক্ষুদ্রতর অর্গলটীর উপর পাঁচ সের চাপ দিলে বৃহত্তরটীর উপর পাঁচ সের চাপে কুলায় না, দশ সের লাগে। আবার, বৃহত্তর অর্গলটীর মুখের ক্ষেত্রপরিমাণ ক্ষুদ্রতরটীর অপেক্ষা তিন গুণ হইলে, বৃহত্তরটীর উপর পনর সের চাপ আবশ্যক হয়। অতএব, একটী অর্গলের উপর নিম্নাভিমুখ চাপ দিলে অপর অর্গলটীতে উর্দ্ধাভিমুখ চাপ সঞ্চালিত হয়, কেবল তাহা নহে; এই উর্দ্ধাভিমুখ চাপ অর্গলের মুখের ক্ষেত্রপরিমাণের অনুপাতে অল্পাধিক হয়। ক্ষেত্রপরিমাণ প্রথম অর্গলের দ্বিগুণ হইলে উর্দ্ধাভিমুখ চাপ দ্বিগুণ হয়, ক্ষেত্রপরিমাণ তিন গুণ হইলে, চাপ তিন গুণ হয়।

জলের চাপ উর্দ্ধ দিকে, পার্শ্ব দিকে, এবং নিম্ন দিকে, সকল দিকেই কার্য্য করে, তাহা সহজেই বুঝা যায়। একটী পাত্র জলপূর্ণ কর। জলের উপরিভাগের কিঞ্চিৎ নিম্নেই একটী ছিদ্র করিয়া খুলিয়া দাও। কিয়ৎ পরিমাণ জল এই ছিদ্র দিয়া পড়িয়া যাইবে, কিন্তু তত জোরে পড়িবে না। পাত্রের তল-দেশের পার্শ্ব দিকে ঐরূপ একটী ছিদ্র করিয়া খুলিয়া দাও। এবারে উপরের সমস্ত জলের চাপে তলদেশস্থ জল খুব জোরে এই ছিদ্র দিয়া বাহির হইবে। এই ত পার্শ্বাভিমুখ চাপ দেখিলে, এখন উর্দ্ধাভিমুখ চাপ দেখ। একটী বৃহৎ কাচপাত্রে জল ঢাল (৮ম চিত্র দেখ)। একটী দুই মুখ খোলা কাচনলের নিম্ন মুখে

একখানি আল্‌গা চাকৃতি বসাইয়া, সূত্র দ্বারা চাকৃতিখানি ধরিয়া রাখিয়া, কাচনলটী বৃহৎ পাত্রস্থ জলে ডুবাও। এখন সূত্রটী ছাড়িয়া দিলেও চাকৃতিখানি খুলিয়া পড়িবে না। পাত্রস্থ জলের ঊর্দ্ধাভিমুখ চাপে চাকৃতিখানি নলের মুখ আবদ্ধ করিয়া থাকিবে। এখন কিঞ্চিৎ জল নীল রঙে গুলিয়া নলের মধ্যে ঢালিতে থাক। যতক্ষণ নলান্তর্গত নীল জল বৃহৎ পাত্রস্থ জলের

৮ম চিত্র।

প্রায় সমতল না হইবে, ততক্ষণ চাকৃতিখানি নলের মুখ হইতে খসিয়া পড়িবে না। যদি চাকৃতির কোন ভার না থাকিত, তাহা হইলে বাহিরের জলের ঠিক্ সমতল পর্য্যন্ত নীল জল ঢালিতে হইত; সুতরাং চাকৃতির উপরে নীল জলের নিম্নাভিমুখ চাপ চাকৃতির নিম্নে বৃহৎ পাত্রস্থ জলের ঊর্দ্ধাভিমুখ চাপের সমান হইত।

৬২। **বারি-ঘটিত পেষণযন্ত্র।**—অর্গলের মুখের ক্ষেত্রপরিমাণের অনুপাতে ঊর্দ্ধাভিমুখ চাপের অল্পাধিক্য হয়, এই তত্ত্ব অবলম্বন করিয়া একটী প্রভূত শক্তিশালী পেষণযন্ত্র নির্ম্মিত হইয়াছে। ৯ম চিত্রে উহার প্রতিরূপ দেওয়া হইল। ব্রামা নামক এক জন শিল্পকার এই যন্ত্র সৃষ্টি করিয়াছেন বলিয়া, ইহার নাম ব্রামা প্রেস হইয়াছে। তুই বস্তা পশম পিষিবার জন্য বৃহত্তর অর্গলের উপর স্থাপিত রহিয়াছে। পেষিত হইলে বস্তাগুলি আয়তনে অত্যন্ত কমিয়া যাইবে এবং জাহাজে করিয়া

দেশ দেশান্তরে লইয়া যাইবার খুব সুবিধা হইবে। এই যন্ত্রে ক ও খ দুইটী অর্গল রহিয়াছে। খ র ক্ষেত্রপরিমাণ ক র

৯ম চিত্র।

অপেক্ষা এক শত গুণ অধিক। ক র উপর এক মণ ভার চাপাইলে, খ এক শত মণ চাপের বলে ঊর্দ্ধদিকে ঠেলিবে; সুতরাং পশমের বস্তা অত্যন্ত জোরে পেষিত হইবে।

৬৩। **দ্রব পদার্থের উপরিভাগ সমতল।**—সহজেই বুঝা যায় যে, জলের উপরিভাগ সমতল হইবে। যদি গড়ানে হইত, তাহা হইলে ঘর্ষণ বলের অভাব প্রযুক্ত উপরের জল নিম্নদিকে গড়াইয়া পড়িত। যদি একটী ওলন দড়ি জলের উপরিভাগে ঝুলান যায়, তাহা হইলে উহা জলের সম্বন্ধে ঠিক্ লম্বভাবে অবস্থিত হয়।

একটী বিস্তৃত পাত্র সমতল ভাবে রাখিয়া উহাতে প্রচুর পরিমাণ পারদ ঢাল। ঐ পারদ পাত্রের সমস্ত তলদেশ ঢাকিয়া ফেলিবে। ঐ পাত্রের উপর একটী ওলন দড়ি ঝুলাইলে ওলন দড়ি ও উহার প্রতিবিম্ব একই রেখাক্রমে দেখা যাইবে।

ইহাতে এই বুঝা যাইতেছে যে, ওলন দড়ি পারদের উপরিভাগে ঠিক্ লম্বভাবে অবস্থিত রহিয়াছে। যদি উহা গড়ানে ভাবে থাকিত, তাহা হইলে ওলন দড়ি ও উহার প্রতিবিম্ব একই রেখাক্রমে অবস্থিত হইত না; দুইটী রেখা বক্রভাবে পরস্পর মিলিত হইয়াছে বলিয়া বোধ হইত।

১০ম চিত্রে একটী জলপূর্ণ পাত্রে তিনটী নল বসান রহিয়াছে। একটী নলের মুখ ক্রম-বিস্তৃত, একটী সরল ও একটী বক্র।

১০ম চিত্র।

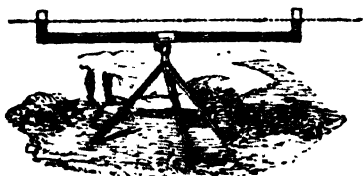
তিনটী নলেই জল সমান উচ্চ হইয়া দাঁড়াইয়াছে। সুতরাং সকল নলের জলই একই সমতলে রহিয়াছে; নলের আকৃতির প্রভেদে কোন ব্যতিক্রম ঘটে নাই।

দ্রব পদার্থের উপরিভাগ সমতল বলিলে বিস্তীর্ণ সমুদ্রের পৃষ্ঠদেশ সমতল, এরূপ বুঝিলে চলিবেনা। পৃথিবী বর্ত্তুলাকার, সুতরাং সমুদ্রের পৃষ্ঠদেশও বর্ত্তুলাকার, তাহাতে সন্দেহ কি? তবে সমুদ্রের যতটুকু অংশ এককালে আমাদের দৃষ্টিগোচর হয়, ততটুকুই সমতল দেখায়।

কৈশিকতার গুণে সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম ছিদ্রের মধ্যে দ্রব পদার্থ সমতল থাকিতে পারে না, হয় ন্যুব্জ না হয় কুব্জপৃষ্ঠ হয়।

ফ্রান্স দেশের আর্ত্তয় প্রদেশে এক প্রকার কূপ খনিত হয়, তাহা হইতে জল উৎসাকারে উঠিতে থাকে। আমাদের দেশে সীতাকুণ্ড প্রভৃতি অনেক উষ্ণ প্রস্রবণ আছে। জলের সমোচ্চতা ধর্ম্মেই এই সকল উৎসের উৎপত্তি। ভূপঞ্জর নানা স্তরে বিভক্ত; তন্মধ্যে বালুকাময় প্রভৃতি কয়েকটী স্তরে জল প্রবেশ করিতে পারে, কর্দ্দমময় স্তরে জল প্রবেশ করিতে পারে না। একটী বালুকাময় স্তরের উপরে ও নিম্নে কর্দ্দমময় স্তর থাকিলে, বালুকাময় স্তরের জল আবদ্ধ হইয়া যায়। এইরূপ দুইটী কর্দ্দমময় স্তর কর্ত্তৃক আবদ্ধ হইয়া একটী বালুকাময় স্তর পর্ব্বতাদির ন্যায় উচ্চ স্থান হইতে ক্রমশঃ উপত্যকা ভূমি পর্যান্ত নামিয়া আসিলে, উচ্চ স্থানে স্তরের অনাবৃত অংশে বৃষ্টির জল প্রবিষ্ট হইয়া উপত্যকা ভূমির নিম্নদেশ পর্য্যন্ত নামিয়া আইসে। এই নিম্নদেশে কোন স্বাভাবিক কি কৃত্রিম কূপ ভূপৃষ্ঠ হইতে ঐ বালুকাময় স্তর পর্য্যন্ত যাইলে, বালুকাময় স্তরের জল তাহার প্রবেশের উচ্চ স্থানের সমোচ্চ হইবার জন্য কূপের মধ্য দিয়া প্রবল বেগে উপরে উঠিতে থাকে। ইহাতেই উৎস উৎপন্ন হয়। ভূপৃষ্ঠের যত নিম্ন হইতে জল উঠিবে, ততই তাহা উষ্ণ হইবে।

৬৪। সমতল-নিরূপক যন্ত্র।—১১শ চিত্রে একটী বক্র কাচনলের দুই দিকে দুইটী বাহু রহিয়াছে। কিছু খালি রাখিয়া কাচনলটীর ভিতর জল দাও। দ্রব পদার্থের ধর্ম্মানুসারে দুই বাহুর জল এক সমতলে থাকিবে। এই সমতল একটী রেখা

দ্বারা প্রকাশিত হইয়াছে। আমি যদি এই সমতল রেখার সমসূত্রে চক্ষু রাখিয়া সম্মুখে দেখি, তাহা হইলে এই সমসূত্রস্থিত সমুদয় স্থান একই সমতলে অবস্থিত হইবে। যদি কখন ঐ প্রদেশে বন্যা আইসে, তাহা হইলে বন্যার জল এক কালেই এই

১১শ চিত্র।

সমতলকে অধিকার করিয়া ফেলিবে। খাল কাটিতে অথবা রেলওয়ে প্রস্তুত করিতে, স্থানের সমতল নিরূপণ করা নিতান্ত আবশ্যক। এই জন্য ইঞ্জিনিয়ারগণ ১১শ চিত্রস্থ যন্ত্রটী সর্ব্বদাই ব্যবহার করেন। তাঁহাদের যন্ত্রে জলের পরিবর্ত্তে (Spirit—স্পিরিট) সুরাসার ব্যবহৃত হয়।

৬৫। দ্রব পদার্থের চাপের পরিমাণ কিরূপে নিরূপিত হয়?—একটী কলসী জলপূর্ণ কর। তলদেশের নিকট যে জলভাগ, তাহার উপর উপরিভাগের সমস্ত জলের চাপ পড়িতেছে। সুতরাং জলের উপরিভাগ হইতে এক ইঞ্চ নিম্নে যে জলভাগ রহিয়াছে, তাহার উপর যত চাপ, দুই ইঞ্চ নিম্নের জলভাগের উপর তাহার দ্বিগুণ চাপ পড়িতেছে। কলসীটী জলপূর্ণ না করিয়া পারদপূর্ণ করিলেও ঠিক্ ঐরূপ হইবে, অর্থাৎ এক ইঞ্চ নিম্নের পারদ অপেক্ষা দুই ইঞ্চ নিম্নের পারদের উপর দ্বিগুণ চাপ পড়িবে। কিন্তু পারদ জল অপেক্ষা সাড়ে তের গুণ

ভারী। সুতরাং জলের পাত্রে যত নিম্নে যত চাপ হইবে, পারদের পাত্রে তত নিম্নে তাহার সাড়ে তের গুণ চাপ হইবে। অতএব, **দ্রব পদার্থের গভীরতা ও গাঢ়তা অনুসারেই চাপের হ্রাসবৃদ্ধি হয়।** কলসীটীতে এক মণ জল দাও কি আধ মণ জল দাও, দশ মণ পারদ দাও কি দুই মণ পারদ দাও, তাহাতে চাপের বিন্দুমাত্র তারতম্য হইবে না। আবার, আধার-পাত্রটী কলসীর ন্যায় গোলাকার হউক, কি চৌবাচ্চার ন্যায় চতুষ্কোণ হউক, কি ভিন্ন ভিন্ন আকারের টবই হউক, তাহাতেও চাপের তারতম্য হইবে না। সুতরাং **দ্রব পদার্থের চাপ উহার পরিমাণ কি আধারপাত্রের আকৃতিসাপেক্ষ নহে।**

দ্রব পদার্থের উন্নতি যত অধিক হয়, ও আধারপাত্রের তল-দেশ যত প্রশস্ত হয়, তলার উপর চাপও তত অধিক হয়। একটী পিপার মুখে একটী লম্বা নল বসাইয়া পিপা ও নল জলপূর্ণ করিলে পিপার তলা বিদীর্ণ হইয়া যায়। এস্থলে পিপা ও নলের মধ্যে যত পরিমাণ জল ধরিয়াছে, তাহার এক মণ কি আধ মণ ভারেই যে পিপার তলা ভাঙ্গিয়া গেল, তাহা নহে। পিপার তলদেশ হইতে নলের ঊর্দ্ধমুখ পর্য্যন্ত যত উচ্চ, তত উচ্চ করিয়া জল রাখিলে যত ভার হয়, পিপার তলার উপর সেই ভারের সমান চাপ পড়িয়াছে। তাহাতেই তলা ভাঙ্গিয়া গেল।

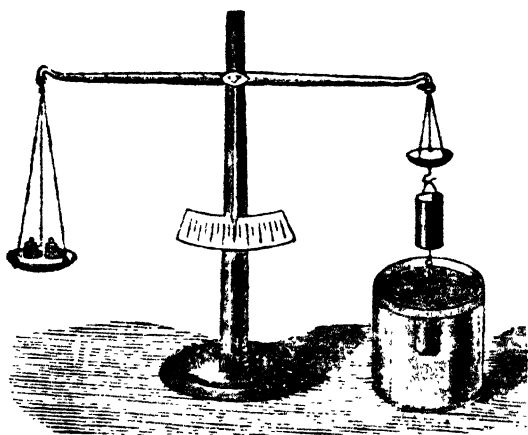
গভীরতাতে দ্রব পদার্থের চাপের বৃদ্ধি হয়, ইহা সহজেই পরীক্ষা করা যাইতে পারে। যদি কখন নদীর উপর দিয়া নৌকা করিয়া যাও, তাহা হইলে একটী বোতলের তিন ভাগ

জলপূর্ণ করিয়া, খুব শক্ত করিয়া একটী ছিপি আঁটিয়া, ছিপিতে একটী লম্বা দড়ি বাঁধিয়া বোতলটী জলে ফেলিয়া দিবে। যদি দড়ি খুব লম্বা হয় এবং বোতলটী খুব নিম্নে নামিতে পারে, তাহা হইলে সেই গভীর জলের চাপে ছিপিটী বোতলের ভিতর জোরে প্রবিষ্ট হইবে এবং বোতল জলপূর্ণ হইয়া যাইবে। তখন দড়ি টানিয়া বোতলটী তুলিলে দেখিতে পাইবে, ছিপি বোতলের ভিতর গিয়াছে এবং বোতল খালি নাই, জলপূর্ণ হইয়াছে।

৬৬। **আর্কিমিডিসের নিয়ম।**—সয়রাকিউস নগরবাসী আর্কিমিডিস নামক এক পণ্ডিত খ্রীষ্টীয় শতাব্দীর ২৩০ বৎসর পূর্ব্বে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ করিবার একটী উপায় উদ্ভাবন করেন। তাঁহার নিয়মটী এইঃ—**কোন কঠিন বস্তু কোন দ্রব দ্রব্যে নিমগ্ন হইলে তাহার সমায়তন দ্রব দ্রব্য স্থানান্তরিত হয় এবং ঐ স্থানান্তরিত দ্রব দ্রব্যের ভার যত, ঠিক্ তত ভার ঐ কঠিন বস্তুর ভার হইতে কমিয়া যায়।**

পদার্থের স্থানাবরোধকতাধর্ম্মক্রমে জলের মধ্যে অপর পদার্থ মগ্ন হইলে, তাহার অধিকৃত স্থান হইতে জল অবশ্যই সরিয়া যাইবে। যে দ্রব্য জলনিমগ্ন হয় তাহার আয়তন যত, জল মধ্যে তাহার অধিকৃত স্থানের পরিমাণও ঠিক্ তত; সুতরাং সেই স্থানটুকু হইতে অপসারিত জলভাগের আয়তন জলনিমগ্ন দ্রব্যের আয়তনের ঠিক্ সমান।

তুলাদণ্ডে একটী দ্রব্য ওজন করিয়া এক কাঁচ্চা ভারী হইল। এই দ্রব্যটী দক্ষিণ দিকের পাল্লায় ঝুলাইয়া জলের মধ্যে রাখিয়া

ওজন করিলে বোধ হইবে, যেন দ্রব্যটীর কোন ভার নাই। এই পাল্লায় এক কাঁচ্চা না দিলে বামের পাল্লার সহিত সমান হইবে

১১শ চিত্র।

না। তবে কি আমরা ভাবিব যে, জলে ওজন করিলে এই দ্রব্যটীর সমস্ত ভার লোপ পায়? প্রথমতঃ একটী পাত্রে কিঞ্চিৎ জল দিয়া ওজন করিয়া দেখ। মনে কর, জল সমেত পাত্রটীর ভার দুই সের হইল। এখন এই পাত্রস্থ জলের মধ্যে উপরোক্ত এক কাঁচ্চা ভারী দ্রব্যটী দিয়া ওজন কর। দেখিবে, অপর পাল্লায় দুই সেরের উপর এক কাঁচ্চা না দিলে উভয় পাল্লা সমান হইবে না। সুতরাং দ্রব্যটীর ভার দ্রব্যেই রহিয়াছে, লোপ পায় নাই। পূর্ব্ব পরীক্ষায় জলের ঊর্দ্ধাভিমুখ চাপ দ্রব্যটীকে ভাসাইয়া রাখাতে উহার ভার অপহৃত হইয়াছে বলিয়া বোধ হইয়াছিল।

১২শ চিত্রে যে তুলাদণ্ডটী অঙ্কিত রহিয়াছে, উহার দক্ষিণ পাল্লার নিম্নে আংটা দিয়া একটী শূন্যগর্ভ চোঙ্ ঝুলান হইয়াছে। এই চোঙের নিম্নে একটী বৃহৎ জলাধারের মধ্যে একটী পিত্তল-নির্ম্মিত দণ্ড সমগ্র জলমগ্ন রহিয়াছে। চোঙ্টী এরূপভাবে গঠিত যে, পিত্তলদণ্ডটী উহার মধ্যে প্রবিষ্ট করিয়া দিলে এক বিন্দু শূন্য স্থান থাকে না। অর্থাৎ দণ্ডটীর যত আয়তন, চোঙের ভিতরেরও ঠিক্ তত আয়তন। চোঙ্ ও দণ্ড দক্ষিণ পাল্লায় ঝুলাইয়া বাম পাল্লায় বাটখারা দিয়া ওজন কর; মনে কর, তিন সের হইল। তাহার পর চোঙের ভিতর হইতে দণ্ডটী বাহির করিয়া চোঙের নিম্নে ঝুলাইয়া নিম্নস্থ জলপাত্রে ডুবাইয়া দাও। এখন দেখিবে, বাম পাল্লায় বাটখারা না কমাইলে দুই দিক্ সমান হইবে না। সুতরাং বুঝা যাইতেছে যে, পিত্তলদণ্ডটীকে জলের ভিতর রাখিয়া ওজন করিলে উহার ভার অনেক কমিয়া যায়। কতটুকু ভার কমিয়া যায়, তাহা বুঝা আবশ্যক। পিত্তল-দণ্ডের উপরে যে চোঙ্টী ঝুলিতেছে, উহাতে জল ঢালিতে থাক; ওদিকে বাম পাল্লায় বাটখারা বাড়াইতে থাক। দেখিবে, চোঙ্টী যখন জলপূর্ণ হইবে, তখন বাম পাল্লায় ঠিক্ তিন সের বাটখারা দেওয়া হইয়াছে। যখন চোঙের ভিতর দণ্ডটী প্রবিষ্ট হইয়া উভয় দ্রব্য পাল্লার নিম্নে বায়ুতে ঝুলিতেছিল, তখনও বাম পাল্লায় ঠিক্ এই তিন সের বাটখারা দিতে হইয়াছিল। চোঙ্ ও দণ্ড একত্র তিন সের ভারী; দণ্ডটীকে সমস্ত জলমগ্ন করিয়া, চোঙের ভিতর দণ্ডের স্থানে জল ঢালিয়া ওজন করিলেও ঠিক্ তিন সের ভারী হয়। সুতরাং দণ্ডটী সমস্ত জলমগ্ন হইলে যত ভার কমে, চোঙের ভিতর জল দেওয়াতে ঠিক্ তত ভার পূরণ

হয়। অর্থাৎ চোঙের অভ্যন্তরস্থ জলের ভার যত, জলমগ্ন দণ্ড-টীর অপহৃত ভারও তত। চোঙের ভিতরের আয়তন যত, দণ্ডের আয়তনও তত; সুতরাং চোঙের অভ্যন্তরস্থ জলের আয়তন ও দণ্ডের আয়তন পরস্পর ঠিক্ সমান। অতএব দণ্ডটী সমস্ত জলমগ্ন করিয়া ওজন করিলে যত ভার কম পড়ে, দণ্ডের আয়তনপরিমাণ জলেরও ঠিক্ তত ভার। পিত্তলদণ্ডের ন্যায় সমস্ত দ্রব্যই জলমগ্ন করিয়া ওজন করিলে ঠিক্ এইরূপ হয়। অতএব. **কোনও দ্রব্য জলমগ্ন করিয়া ওজন করিলে, ঐ দ্রব্যের আয়তনের সমান জলের ভার যত, ঠিক্ তত ভার কমিয়া যায়।**

৬৭। কিরূপ পদার্থ জলে ডুবে, কিরূপ পদার্থ ডুবেওনা ভাসেওনা, কিরূপ পদার্থ ভাসিয়া উঠে।—পূর্ব্ব পরীক্ষায় পিত্তলদণ্ডটী জলমগ্ন হইলে উহার আয়তনের সমান জলের যত ভার, দণ্ডটীর ঠিক্ সেই পরিমাণ ভার কমিয়া গিয়াছিল। কিয়ৎ পরিমাণ ভার কমিয়া যায় বটে, কিন্তু সমস্ত ভার যায় না। সুতরাং দণ্ডটী নিজের অতিরিক্ত ভারে জলের তলদেশে পড়িয়া যাইবে। অতএব, যে পদার্থ সম-আয়তন জল অপেক্ষা ভারী, তাহাই ডুবিয়া যায়।

কোন কোন দ্রব্যের ভার সম-আয়তন জলের ভারের সমান; সুতরাং তাহা জলমগ্ন হইলে সমস্ত ভার অপহৃত হয়। অতএব এইরূপ পদার্থ জলে পড়িলে ডুবেওনা, ভাসেও না, ভারহীন অবস্থায় জলের মধ্যে এখানে সেখানে ঘুরিয়া বেড়ায়। জলের তলদেশে রাখিলে তলেই থাকে, মধ্যদেশে রাখিলে

মধ্যদেশেই ঘুরিয়া বেড়ায়, উপরে রাখিলে সমস্ত শরীর ডুবাইয়া এদিক্ ওদিক্ বেড়ায়।

কিন্তু যে পদার্থ সম-আয়তন জল অপেক্ষা লঘু তাহার কি হইবে? জলমগ্ন হইলে যত ভার অপহৃত হইবে, পদার্থটীর ভার তদপেক্ষাও কম। সুতরাং এরূপ পদার্থের কি গতি হইবে?

কাষ্ঠ সম-আয়তন জল অপেক্ষা লঘু। এক খণ্ড কাষ্ঠ জোর করিয়া জলের ভিতর ডুবাইয়া দাও। জলের উত্তাসনী শক্তি হইতে উৎপন্ন যে উর্দ্ধাভিমুখ চাপ, তাহা কাষ্ঠখণ্ডের ভার অপেক্ষা অধিক। সুতরাং কাষ্ঠখণ্ড জলের উপরে উঠিয়া ভাসিয়া বেড়াইবে।

এই সকল পরীক্ষা দ্বারা আমরা কি শিখিলাম? প্রথমতঃ, **কোন পদার্থ জলে ডুবাইলে উহার সম-আয়তন জলের যত ভার, ঠিক্ তত ভার কমিয়া যায়। দ্বিতীয়তঃ এই কারণে, যে পদার্থ সম-আয়তন জল অপেক্ষা গুরু, তাহা ডুবিয়া যায়; যে পদার্থের ভার সম-আয়তন জলের ঠিক্ সমান, তাহা ডুবেও-না ভাসেও না; যাহা সম-আয়তন জল অপেক্ষা লঘু, তাহা ভাসিয়া উঠে।**

৬৮। **আপেক্ষিক গুরুত্ব কাহাকে বলে?—নির্দ্দিষ্ট তাপ ও চাপে সমায়তন বিশুদ্ধ জল ও অপর কোন পদার্থের ভারের তুলনা করিলে, জলের ভার একক ধরিয়া অপর পদার্থটীর ভার যে সংখ্যা দ্বারা প্রকাশিত হয়, তাহাই ঐ পদার্থের আপে-**

ক্ষিক গুরুত্বের পরিমাণ। দুইটী সমান বাটীর একটীকে জলপূর্ণ ও অপরটীকে পারদপূর্ণ করিয়া দেখা গেল, জলের বাটীটী দুই সের ও পারদের বাটীটী সাতাইশ সের ভারী হইয়াছে। এস্থলে জলের ভার একক ধরিলে পারদের ভার সাড়ে তের গুণ অধিক হয়। তবেই পারদের আপেক্ষিক গুরুত্ব ১৩৫ হইল।

যেমন কঠিন ও দ্রব পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব জলের তুলনায় নিরূপিত হয়, তেমনই সমস্ত বায়বীয় পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব বায়ুর তুলনায় নিরূপিত হয়।

৬৯। **কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব।**—এক খণ্ড লৌহ **বারিমাপক তুলাদণ্ডে** (১২শ চিত্র) দক্ষিণ পাল্লার আংটায় ঝুলাইয়া বায়ুতে ওজন করিলে ৫৮৫ গ্রেণ ভারী হইল। কিন্তু দক্ষিণ পাল্লার নিম্নে একটী বৃহৎ পাত্রস্থ চোয়ান বিশুদ্ধ জলে ঐ লৌহখণ্ড ডুবাইয়া ওজন করিলে ৫১০ গ্রেণ ভারী হইল। আর্কিমিডিসের নিয়মানুসারে ঐ লৌহখণ্ডের সমায়তন জল ৭৫ গ্রেণ ভারী। ৫৮৫ কে ৭৫ দিয়া ভাগ করিলে ৭·৮ ভাগফল হয়। সুতরাং লৌহ সমান আয়তনের বিশুদ্ধ জল অপেক্ষা ৭·৮ গুণ ভারী, অর্থাৎ লৌহের আপেক্ষিক গুরুত্ব ৭·৮। অতএব, **কোন বস্তুর ভার-পরিমাণকে সমায়তন বিশুদ্ধ জলের ভার-পরিমাণ দ্বারা ভাগ করিলেই ঐ বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব বাহির হয়।**

৭০। **দ্রব পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব।**—প্লাটিনম্ ধাতু নির্ম্মিত একটী বর্ত্তুল বারিমাপক তুলাদণ্ডে বায়ুতে ওজন

করিলে ৫১০ গ্রেণ, বিশুদ্ধ জলে ওজন করিলে ৪৮৬ গ্রেণ এবং সুরাসারে ওজন করিলে ৪৮৯ গ্রেণ ভারী হইল। সুতরাং জলে বর্ত্তুলটীর ২৪ গ্রেণ এবং সুরাসারে ২১ গ্রেণ ভার কমিয়া যায়। ইহাতে বুঝা যাইতেছে যে, বর্ত্তুলটীর সমায়তন জল ২৪ গ্রেণ এবং সমায়তন সুরাসার ২১ গ্রেণ ভারী। এস্থলে ২১ কে ২৪ দিয়া ভাগ করিলেই সুরাসারের আপেক্ষিক গুরুত্ব বাহির হইবে। সুতরাং সুরাসারের আপেক্ষিক গুরুত্ব—০৮৬৬। অতএব, কোন দ্রব পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ করিতে হইলে, **প্রথমতঃ যে ধাতু ঐ দ্রব পদার্থে এবং জলে গলিয়া যায় না, এমন কোন ধাতু কিয়ৎ পরিমাণ লইয়া বারিমাপক তুলাদণ্ডে একবার বায়ুতে, একবার বিশুদ্ধ জলে ও একবার উক্ত দ্রব পদার্থে ওজন করিয়া সমায়তন জল ও উক্ত দ্রব পদার্থের ভার নিরূপণ করিবে। তৎপরে উক্ত দ্রব পদার্থের ভারপরিমাণকে বিশুদ্ধ জলের ভারপরিমাণ দ্বারা ভাগ করিলেই, ঐ দ্রব পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপিত হইবে।** *এরূপ পরীক্ষায় প্লাটিনম ধাতুই সর্ব্বদা ব্যবহৃত হয়, কারণ প্লাটিনম্ কোন দ্রব পদার্থে গলে না।

৭১। জল অপেক্ষা লঘুতর দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব।—কোন বস্তু বায়ুতে ওজন করিলে ১০০ গ্রেণ ভারী হয়, কিন্তু এক খণ্ড লৌহের সহিত সংযুক্ত করিয়া ওজন করিলে ৬৮৫ গ্রেণ ভারী হয়। আবার, লৌহসংযুক্ত বস্তুটী বিশুদ্ধ জলে ওজন করিলে ৪১০ গ্রেণ ভারী হয়। সুতরাং উভয় দ্রব্য

একত্রযোগে জলমগ্ন হইলে ২৭৫ গ্রেণ ভার কমিয়া যায়; কিন্তু বিশুদ্ধ লৌহের ৭৫ গ্রেণ মাত্র ভার কমে। অতএব, পরীক্ষাধীন বস্তুটী একাকী জলমগ্ন হইলে ২০০ গ্রেণ ভার কমে; অর্থাৎ উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব $\frac{১০০}{২০০}$ = ০·৫। সুতরাং জল অপেক্ষা লঘুতর দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ করিতে হইলে, জলাপেক্ষা কোন ভারী বস্তুর সহিত সংযুক্ত করিয়া উক্ত দ্রব্যকে জলমগ্ন করিয়া ওজন করিতে হয়। তাহাতে উভয় দ্রব্যের একত্র যোগে যত ভার কম পড়ে এবং জলা-পেক্ষা ভারী দ্রব্যের নিজ যত ভার কম পড়ে, তাহার বিয়োগফল দ্বারা বায়ু মধ্যে লঘুতর দ্রব্যটীর যত ভার হয়, তাহাকে ভাগ করিলেই আপেক্ষিক গুরুত্ব বাহির হয়।

৭২। মিশ্র পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব।—কোন মিশ্র পদার্থের মধ্যে যতগুলি উপাদান মিশ্রিত থাকে, তাহার প্রত্যেকটীর আপেক্ষিক গুরুত্বকে স্ব স্ব আয়তন-পরিমাণ দ্বারা গুণ করিয়া সমস্ত গুণফল-গুলির সমষ্টিকে উপাদানগুলির আয়তন-সমষ্টি দ্বারা ভাগ করিলেই, মিশ্র পদার্থটীর আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপিত হয়। মনে কর, দুগ্ধের আপেক্ষিক গুরুত্ব—১·৩ ও জলের—১; তাহা হইলে ছয় ভাঁড় খাঁটি দুগ্ধ এবং দুই ভাঁড় জল মিশাইলে ঐ মিশ্রিত দুগ্ধের আপেক্ষিক গুরুত্ব $\frac{৬ \times ১\cdot০৩ + ২ \times ১}{৬ + ২}$ = ১·০২ হইবে।

৭৩। **বারিমাণ যন্ত্র**।—দুগ্ধাদি দ্রব বস্তুর আপেক্ষিক গুরুত্ব নিরূপণ করিবার নিমিত্ত এক প্রকার ক্ষুদ্র যন্ত্র ব্যবহৃত হয়, তাহাকে **বারিমাণ যন্ত্র** বলে। খাঁটি দুগ্ধে ছাড়িয়া দিলে ঐ যন্ত্রের গাত্রস্থ (০) শূন্য দাগ পর্যান্ত ডুবে। দুগ্ধে জল থাকিলে যন্ত্রটী শূন্যের উপর পর্য্যন্ত ডুবে। যত অধিক জল মিশান হয়, মিশ্রিত দুগ্ধের আপেক্ষিক গুরুত্ব ততই কমিতে থাকে, সুতরাং যন্ত্রটীও তত অধিক ডুবে।

৭৪। **জল ভিন্ন অন্য দ্রব পদার্থের উদ্ভাসনী শক্তি**।—জলের ন্যায় সর্ব্বপ্রকার দ্রব পদার্থেরই উদ্ভাসনী শক্তি আছে, কিন্তু শক্তির পরিমাণ প্রভেদ আছে। সুরাসার অথবা ইথারের ন্যায় অতি লঘু দ্রব পদার্থের উদ্ভাসনী শক্তি অতি অল্প; কিন্তু পারদের ন্যায় অতি গুরু দ্রব পদার্থের উদ্ভাসনী শক্তি অত্যন্ত অধিক। একটী পাত্রে পারদ ঢালিয়া তাহার উপর এক খণ্ড লৌহ দাও। জলের উপর লৌহ ভাসে না, কিন্তু পারদের উপর অনায়াসে ভাসিবে। তাহার কারণ, লৌহ সম-আয়তন পারদ অপেক্ষা লঘু। কিন্তু স্বর্ণ পারদের উপর ভাসে না, ডুবিয়া যায়; কারণ, স্বর্ণ সম-আয়তন পারদ অপেক্ষা গুরু। পারদ সম-আয়তন জল অপেক্ষা সাড়ে তের গুণ ভারী, কিন্তু স্বর্ণ উনিশ গুণ ভারী।

লোণা জল বিশুদ্ধ জল অপেক্ষা ভারী। পালেস্তাইনে মৃত সাগর নামে একটী হ্রদ আছে। উহার জল এত লোণা এবং সেই কারণে এত ভারী যে, উহাতে মানুষ, পড়িলে ডুবে না।

আমরা এখন বুঝিলাম যে, কোন দ্রব পদার্থের উপর কোন বস্তু রাখিলে সেই বস্তু ঐ দ্রব পদার্থের যতটুকু অংশ অধিকার করে, ততটুকু অংশের যত ভার, বস্তুটীর ভার হইতে তত ভার কমিয়া যায়। ইহার কারণ সহজেই বুঝা যাইতেছে। অধিকৃত অংশে যতটুকু দ্রব পদার্থ ছিল, তাহার ভার নিম্নস্থ অংশের ঊর্দ্ধাভিমুখ চাপ দ্বারা সাম্যাবস্থায় ছিল। সেই ঊর্দ্ধাভিমুখ চাপ এখনও নিমজ্জিত বস্তুটীর প্রতি কার্য্য করিতেছে। সুতরাং ঐ চাপ পূর্ব্বে যে পরিমাণ ভার বহন করিতেছিল, বস্তুটীর সেই পরিমাণ ভার এখনও বহন করিবে। ভারের কার্য্য নিম্নদিকে। অতএব ঊর্দ্ধাভিমুখ চাপ যে ভারটুকু বহন করিতেছে, সে ভার-টুকু আর নিম্নদিকে কার্য্য করিতে পারে না। সুতরাং এই ভারটুকু বস্তুটীর সমগ্র ভার হইতে কমিয়া যায়।

চতুর্থ অধ্যায়।

বায়বীয় পদার্থের বিশেষ ধর্ম্ম।

৭৫। **বায়বীয় পদার্থ কাহাকে বলে?**—আণবিক আকর্ষণের উপর আণবিক বিকর্ষণের পরাক্রম অধিক হইলে, যখন কোন পদার্থের অণু সকল পরস্পর বিচ্ছিন্ন হইতে চায়, তখন সেই পদার্থকে **বায়বীয়** পদার্থ বলে।

৭৬। **দ্রব ও বায়বীয় পদার্থে প্রভেদ কি?**—দ্রব পদার্থের উপরিভাগ যেমন সমতল হয়, বায়বীয় পদার্থের সেরূপ হয় না; যেরূপ পাত্রে রাখ, সেই পাত্রকে সকল দিকেই পূর্ণ

করিয়া ফেলে। দ্রব পদার্থ নিয়তই নির্দ্দিষ্ট পরিমাণ স্থান অধিকার করিয়া থাকে বলিয়া তাহার আয়তনের হ্রাস বৃদ্ধি হয় না; কিন্তু বায়বীয় পদার্থ সেরূপ নহে। যে বায়ু এক সের বোতল পূর্ণ করে, উপযুক্ত পরিমাণ বল প্রয়োগ করিলে, সেই বায়ু আধ সের বোতলে পূরিতে পারা যায়। আরও অধিক বল প্রয়োগ করিলে, আরও অল্প স্থানের মধ্যে পূরিতে পারা যায়।

৭৭। **দ্রব ও বায়বীয় পদার্থে সাদৃশ্য কি?**—দ্রব ও বায়বীয় উভয় পদার্থেরই অণুগুলি সহজে চলিতে ফিরিতে পারে; বায়বীয় পদার্থে উহারা সম্পূর্ণ স্বাধীন ভাবে ফিরিতে ঘূরিতে পারে, সংহতি বলের গুণে দ্রব পদার্থে তত স্বাধীন ভাবে পারেনা। দ্রব ও বায়বীয় উভয় পদার্থেরই চাপ-সঞ্চালকতা গুণ আছে। দ্রব পদার্থের চাপ যেরূপ গভীরতা ও গাঢ়তা সাপেক্ষ, বায়বীয় পদার্থেরও সেইরূপ। দ্রব পদার্থে কোন বস্তু ডুবিলে সমায়তন দ্রব পদার্থ স্থানান্তরিত হয়, এবং নিমগ্ন বস্তুর ভার হইতে ঐ স্থানান্তরিত দ্রব পদার্থের ভারের সমান ভার কম পড়ে; বায়বীয় পদার্থেও কোন বস্তু ডুবিলে ঠিক্ ঐরূপ ঘটে। প্রত্যুত, দ্রব ও বায়বীয় পদার্থে এত সাদৃশ্য যে, উভয়কে প্রায় সমজাতীয় মনে করা যাইতে পারে। উহাদের উভয়ের সাধারণ নাম, **তরল পদার্থ**।

৭৮। **বায়বীয় পদার্থ কয় প্রকার?**—বায়বীয় পদার্থ দুই প্রকার, গ্যাস এবং বাষ্প। **যে সকল পদার্থ স্বভাবতঃই বায়বীয় অবস্থায় থাকে, তাহাকে গ্যাস বলে**—যেমন, অম্লজনক, অজনক, যবক্ষারজনক, হরিৎ গ্যাস, দ্ব্যম্লাঙ্গারক গ্যাস, বায়ু ইত্যাদি। **যে সকল পদার্থ স্বভাবতঃ দ্রবাবস্থায়**

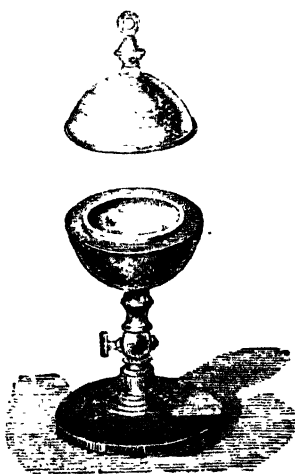
থাকে, কিন্তু তাপ পাইলে বায়বীয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়, তাহাকে বাষ্প বলে—যেমন,ফুটন্ত জল হইতে উৎপন্ন জলীয় বাষ্প। গ্যাস শীতল হইলেও সহজে দ্রব হয় না; কিন্তু বাষ্প অল্প শীতল হইলেই দ্রব হয়। প্রভূত চাপ দিলে ও অত্যন্ত শীতল করিলে বায়ু প্রভৃতি গ্যাস পদার্থও দ্রবাবস্থা প্রাপ্ত হয়।

৭৯। বায়ুর চাপ। যন্ত্রের সাহায্যে কোন পাত্রের অভ্যন্তরস্থ বায়ু বাহির করিয়া লইতে পারা যায়। একটী ঘণ্টা-কৃতি বৃহৎ পাত্রের মধ্যে একটী রবারের থলি রাখিয়া বায়ু-নিষ্কাশন যন্ত্র দ্বারা বৃহৎ পাত্রের অভ্যন্তরস্থ বায়ু টানিতে থাক। বৃহৎ পাত্রের বায়ু যতই কমিতে থাকিবে, থলিটী ততই ফুলিতে থাকিবে। ইহার কারণ এই যে, বৃহৎ পাত্রের বায়ু কমিলেই থলির অন্তর্গত বায়ু সেই স্থান অধিকার করিবার জন্য প্রয়াসী হয়। থলির অন্তর্গত বায়ু অধিকতর স্থান অধিকার করিতে চাহিলেই, থলির গায়ে চাপ দিয়া উহাকে ফুলাইয়া তুলে। এই সময়ে যদি বৃহৎ পাত্রটীর মধ্যে বায়ু পুনঃপ্রবিষ্ট করিয়া দেওয়া যায়, তাহা হইলে থলির অন্তর্গত বায়ুর পক্ষে অধিকতর স্থান পূরণ করিবার আবশ্যকতা থাকিবে না। সুতরাং উক্ত বায়ু ও থলি উভয়ই পাত্রস্থ বায়ুর চাপে ক্রমশঃ সঙ্কুচিত হইয়া, পূর্ব্বাবয়ব লাভ করিবে।

এই পরীক্ষাতে বায়বীয় পদার্থের চাপ ও স্থিতিস্থাপকতা গুণের পরিচয় পাওয়া গেল।

পূর্ব্ব পরীক্ষাটী অপর প্রকারে করিয়া দেখা যাউক। একটী বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্রের আধারপাত্রের উপরে একটী কাচপাত্র উপুড় করিয়া বসাও। পাত্রটীর পশ্চাদ্দেশ উপর দিকে রহিল;

উহা রবার দিয়া খুব শক্ত করিয়া বাঁধা। এখন যন্ত্র দ্বারা পাত্রের ভিতরের বায়ু যতই টানিবে, পাত্রের বাহিরের বায়ুমণ্ডলস্থ বায়ু ভিতরের স্থান অধিকার করিতে ততই চেষ্টা করিবে। এইরূপে বাহিরের বায়ু রবারের উপর ক্রমশঃই অধিকতর চাপিতে থাকিবে; অবশেষে রবারটা ফাটিয়া যাইবে।

১৩শ চিত্রে দুইটী বাটী রহিয়াছে, উপরের বাটীটী নিম্নের বাটীর উপর ঠিক্ বসে, একটুও ফাঁক থাকে না। এই দুইটী বাটী মুখে মুখে বসাইয়া খুলিতে চেষ্টা কর, সহজেই খুলিবে। বায়ুমণ্ডলের চাপে উহারা জুড়িয়া যায় না কেন? তাহার কারণ এই যে, বাটী দুইটার ভিতরেও বায়ু আছে, বাহিরেও বায়ু আছে। ভিতরের বায়ু উহাকে যে বলে বাহিরের দিকে ঠেলিতেছে, বাহিরের বায়ু সেই বলে ভিতরের দিকে ঠেলিতেছে। সুতরাং দুই চাপের সাম্যাবস্থা হওয়াতে বাটী দুইটী সহজেই খোলা যায়। কিন্তু বাটী দুইটার মুখে ঘৃত-মিশ্রিত মোম লাগাইয়া ঠিক্ মুখে মুখে মিলিত করিয়া একটী বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্রের আধারপাত্রের উপর বসাও।

১৩শ চিত্র।

মোম লাগাইবার কারণ এই যে, বাটী দুইটীর মধ্যবর্ত্তী ফাঁক

দিয়া বায়ু প্রবেশ করিতে না পারে। নিম্নের বাটীর তলদেশে একটী ছিদ্র আছে, এবং ছিদ্রটী বন্ধ করিবার জন্য একটী প্যাঁচ কৌশলে বসান রহিয়াছে। বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্র দ্বারা উভয় বাটীর অন্তর্গত বায়ু টানিয়া লইয়া প্যাঁচ বন্ধ করিলে, বাটীর মধ্যে আর বায়ুপ্রবেশের পথ থাকিবে না। এই সময় বাটী দুইটী পৃথক্ করা বড়ই কঠিন। বাহিরের বায়ু বাটী দুইটীকে চাপিয়া রাখিবে; ভিতরে বায়ু নাই যে, বাহিরের চাপকে প্রতিরোধ করিবে।

৮০। দ্রব ও বায়বীয় পদার্থের চাপে প্রভেদ কি?—দ্রব পদার্থ যে পাত্রে রাখা যায়, তাহার প্রত্যেক দিকের পৃষ্ঠদেশের বর্গ পরিমাণ অনুসারে চাপের হ্রাস বৃদ্ধি হয়। বায়বীয় পদার্থের ঘন আয়তন যদি বৃদ্ধি হয়, তবে চাপ অল্প হয়; ঘন আয়তন যদি হ্রাস হয়, তবে চাপ অধিক হয়। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা ইহা প্রমাণিত হইবে।

একটী পিত্তলের চোঙের এক মুখে একটী প্যাঁচ লাগান, অপর মুখ খোলা। খোলা মুখ দিয়া একটী অর্গল বেশ আঁটিয়া চোঙের ভিতর প্রবেশ করিয়া দিয়া, চোঙের ঠিক্ মধ্যস্থলে রাখ। প্যাচটী আঁটিয়া দিলে অর্গলের মুখ হইতে প্যাচ পর্য্যন্ত চোঙের অর্দ্ধ পরিমাণ অংশে খানিকটা বায়ু আবদ্ধ হইয়া পড়িবে। চোঙের খোলা মুখের দিকে অর্গলের উপরে প্রমুক্ত বায়ুমণ্ডলের যত চাপ, আঁটা মুখের দিকে আবদ্ধ বায়ুভাগেরও ঠিক্ তত চাপ বলিয়া অর্গলটী সাম্যাবস্থায় থাকিবে। এখন

অর্গলটী খোলা মুখের দিকে যতই টানিবে, ততই জোর লাগিবে, কারণ আবদ্ধ বায়ুভাগের আয়তন বাড়িতে থাকিবে বলিয়া তাহার চাপ কমিতে থাকিবে ; কিন্তু প্রমুক্ত বায়ুমণ্ডলের চাপ পূর্ব্ববৎ সমানই থাকিবে। খানিক টানিয়া ছাড়িয়া দিলে, প্রমুক্ত বায়ুমণ্ডলের চাপ আবদ্ধ বায়ুভাগের চাপ অপেক্ষা অধিক প্রবল হইয়াছে বলিয়া, অর্গলটী বেগে পূর্ব্বস্থানে যাইবে। এস্থলে আবদ্ধ বায়ুভাগের আয়তনের বৃদ্ধি সহকারে চাপের হ্রাস হইতে লাগিল। আবার অপর দিকে, অর্গলটী প্যাঁচের দিকে যতই ঠেলিবে, ততই জোর লাগিবে। তাহার কারণ এই যে, আবদ্ধ বায়ুভাগের আয়তন কমিতে থাকিবে বলিয়া উহার চাপ বাড়িতে থাকিবে, অথচ প্রমুক্ত বায়ুমণ্ডলের চাপ সমানই রহিবে। খানিক ঠেলিয়া অর্গলটী ছাড়িয়া দিলে উহা পূর্ব্ববৎ পূর্ব্বস্থানে বেগে চলিয়া আসিবে। এস্থলে আবদ্ধ বায়ুভাগের আয়তনের হ্রাস সহকারে উহার চাপের বৃদ্ধি হইতে লাগিল।

৮১। **বায়ুর ভার**।—শূন্য স্থান পাইলেই বায়ু তাহা অধিকার করিবার জন্য সজোরে প্রবেশ করে। এই জন্য কোন পাত্রকে একেবারে শূন্য করা অত্যন্ত কঠিন। বায়ু-নিষ্কাশন যন্ত্র দ্বারা কোন পাত্রের বায়ু হরণ করিয়া ওজন করিলে দেখা যায় যে, বায়ুপূর্ণ থাকিলে পাত্রটী যত ভারী হয়, বায়ুশূন্য হইলে তদপেক্ষা কম ভারী হয়। সুতরাং **বায়ুর ভার** আছে।

তুলাদণ্ডে ওজন করিয়া একটী ডালি খোলা হাল্কা বাক্সের ভার নিরূপণ কর। বায়ুপূর্ণ বাক্সের এই ভার।

(Carbonic acid—কার্ব্বনিক এসিড) দ্ব্যম্লাঙ্গারক নামক

এক প্রকার গ্যাস আছে। প্রশ্বাস দ্বারা আমরা নিয়তই এই গ্যাস শরীর হইতে বাহির করিতেছি। দ্ব্যম্লাঙ্গারক গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী। একটী কাচপাত্রে এই গ্যাস পূরিয়া এবং উল্লিখিত বাক্সের তলদেশের একটু উপরেই ছিদ্র করিয়া, গ্যাস-পাত্র এবং বাক্স একটী নল দ্বারা এমন ভাবে সংযুক্ত কর যে, নলটী গ্যাসপাত্র হইতে ক্রমশঃ নামিয়া বাক্সের দিকে আইসে। বাক্সের উপরের ডালি খোলা এবং দ্ব্যম্লাঙ্গারক গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী; সুতরাং গুরুতর গ্যাস নল দ্বারা বাক্সের তল দেশে যতই প্রবেশ করিতে থাকিবে, বায়ু ততই উপরে উঠিয়া অবশেষে বাক্স পরিত্যাগ করিয়া যাইবে। যখন বাক্সে বায়ু আর থাকিবে না, এবং সমস্তই দ্ব্যম্লাঙ্গারক গ্যাসে পূর্ণ হইবে, তখন বাক্সটী ওজন করিলে দেখিতে পাইবে যে, বাক্সটী বায়ুপূর্ণ অবস্থায় যত ভারী ছিল, এখন তদপেক্ষা অধিক ভারী হইয়াছে। সুতরাং প্রমাণিত হইল যে, কতকগুলি বায়বীয় পদার্থ অপর অপেক্ষা গুরু।

বায়বীয় পদার্থ সকলের মধ্যে (Hydrogen—হাইড্রোজেন) অম্লনক নামক গ্যাস সর্ব্বাপেক্ষা লঘু। সুতরাং উপরোক্ত বাক্সটী উপুড় করিয়া রাখিয়া উল্লিখিত ছিদ্র হইতে একটী নল দ্বারা একটী অম্লনক গ্যাসপূর্ণ পাত্রের সহিত এরূপ ভাবে সংযুক্ত কর যে, নলটী গ্যাসপাত্র হইতে ক্রমশঃ উপর দিকে উঠিয়া বাক্সের তলদেশের নিকটবর্ত্তী ছিদ্রে গিয়া পঁহুছে। বাক্সের তলদেশ উপর দিকে রহিয়াছে; সুতরাং অম্লনক গ্যাস বাক্সের অন্তর্গত বায়ুর উপরে গিয়া পঁহুছিতে লাগিল। নিম্নদিকে বাক্সের ডালি খোলা; কাজেই লঘুতর গ্যাসটী উপর দিক্ দিয়া যতই স্থান

অধিকার করিতে লাগিল, গুরুতর বায়ু ততই নামিয়া নামিয়া অবশেষে বাক্স পরিত্যাগ করিতে বাধ্য হইল। যখন বাক্সে বায়ু আর থাকিবে না, সমস্তই অম্লজনক গ্যাসে পূর্ণ হইবে, তখন বাক্সটী ওজন করিলে দেখিতে পাইবে যে, বায়ুপূর্ণ অবস্থায় বাক্সটীর যত ভার ছিল, এখন তদপেক্ষা অনেক কম হইয়াছে। সুতরাং প্রমাণিত হইল যে, কতকগুলি বায়বীয় পদার্থ অপর অপেক্ষা লঘু।

এই সকল পরীক্ষায় আমরা কি শিখিলাম? বায়বীয় পদার্থের অণুগুলির মধ্যে সংহতি নাই বলিয়া পরস্পর হইতে বিচ্ছিন্ন হইতে চায়। এই কারণে, অতি অল্প পরিমাণ বায়বীয় পদার্থ কোন বৃহৎ পাত্রে রাখিলে সমস্ত পাত্রটী অধিকার করিয়া ফেলে; কিন্তু যখন সকল বায়বীয় পদার্থেরই কিছু না কিছু ভার আছে, তখন অবশ্যই স্বীকার করিতে হইবে যে, পৃথিবী মাধ্যাকর্ষণ বলে ইহাদিগকে নিজের দিকে টানে। এই কারণে যে বায়ুমণ্ডল পৃথিবীকে ঘেরিয়া রহিয়াছে, উহা পৃথিবীকে ত্যাগ করিয়া দূরে পলাইতে পারে না। প্রত্যুত, এই বায়ুমণ্ডল এক মহাসাগরের ন্যায় পৃথিবীকে বেষ্টন করিয়া রহিয়াছে। আমরা এই মহাসাগরের তলদেশে বিচরণ করিতেছি।

৮২। বায়ুমণ্ডলের গভীরতা, মনুষ্যশরীরের উপর বায়ুমণ্ডলের চাপ।—কেহ কেহ বলেন বায়ুমণ্ডল ৪০।৪৫ মাইল উচ্চ, কেহ কেহ বলেন ৯০।১০০ মাইল উচ্চ, কেহ কেহ বলেন ২০০ মাইল উচ্চ। এত উচ্চ বায়ুরাশি তল-দেশস্থ পদার্থ সকলের উপর অবশ্যই প্রভূত চাপ দিবে। বাস্ত-

বিকও তাহাই বটে। প্রত্যেক বর্গ ইঞ্চ স্থানের উপর বায়ু-রাশির চাপ প্রায় সাড়ে সাত সের। মনুষ্যশরীরের ক্ষেত্রফল ২,০০০ বর্গইঞ্চ ধরিলে মনুষ্য প্রায় ৩৭৫ মণ ভার বহন করিতেছে। তথাপি মানুষ পিষিয়া যায় না কেন? তাহার উত্তর এই যে, বায়ুসাগরের চাপ বারিসাগরের ন্যায় উর্দ্ধ, অধঃ ও পার্শ্ব সকল দিকেই কার্য্য করে। এক খণ্ড কাগজ লও; বায়ুব চাপ উহার উপরে কার্য্য করিয়া যত জোরে উহাকে নিম্ন দিকে চাপিতেছে, নিম্নস্থ বায়ুও ঠিক্ তত জোরে উহাকে উপর দিকে ঠেলিতেছে। সুতরাং কাগজ খানি এরূপ ভাবে ঘুরিতে ফিরিতে পারে যে, উহার উপর যেন কোন চাপই নাই। তুমি আমিও এই কারণেই অতি সহজে এদিক্ ওদিক্ ঘুরিতে পারি, আমাদের উপরে কোন চাপই বোধ হয় না।

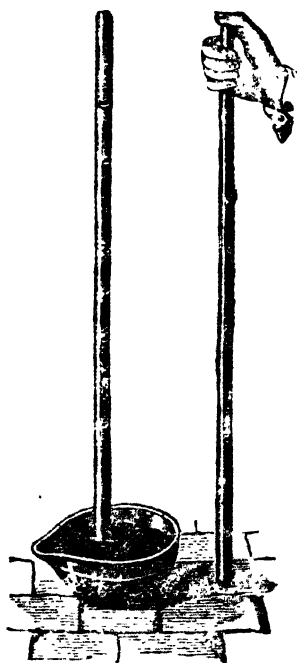
৮৩। **বায়ুর ঊর্দ্ধ চাপ।**—বায়ুর উর্দ্ধচাপের একটী উৎকৃষ্ট দৃষ্টান্ত দেওয়া যাইতে পারে। একটী হাঁড়ির তলায় ছিদ্র করিলে তাহাকে ঝারি বলে। একটী ঝারি জলের মধ্যে ডুবাইয়া জলপূর্ণ করিয়া জলের ভিতরেই সরা দিয়া বন্ধ কর। কাদা কি ময়দা দিয়া সরার মুখ আঁটিয়া না দিলে বায়ুপ্রবেশের সম্ভাবনা থাকে। এক্ষণে ঝারিটী জল হইতে তুলিলে তলার ছিদ্র দিয়া জল পড়িবে না। ছিদ্রগুলির মুখে বায়ুর উর্দ্ধচাপ জলকে ধরিয়া রাখে। সরা খুলিয়া দিলে উপরের বায়ুর নিম্নচাপ নিম্নের বায়ুর উর্দ্ধচাপকে প্রতিহত করিবে, সুতরাং জল আপন ভারে ছিদ্র দিয়া নিম্নে পড়িয়া যাইবে।

৮৪। **জলের ন্যায় বায়ুর মধ্যে কোন বস্তুকে ওজন করিলে স্থানান্তরিত বায়ুর ভারের সমান ভার**

কম পড়ে।—একটী ক্ষুদ্র স্বর্ণপিণ্ড ও একটী শূন্যগর্ভ বৃহৎ তাম্র-গোলক বায়ুতে ওজন করিয়া দেখা গেল যে, উভয়ের ভার সমান। একটী বৃহৎ আধারপাত্রস্থ সমস্ত বায়ু যন্ত্র দ্বারা নিষ্কাশিত করিয়া তন্মধ্যে ঐ স্বর্ণপিণ্ড এবং তাম্রগোলক ওজন করিলে স্বর্ণপিণ্ড অপেক্ষা তাম্রগোলক অধিক ভারী বোধ হইবে। তাহার কারণ আর কিছুই নহে, বায়ুতে ওজন করিবার সময় স্বর্ণপিণ্ডের বেলায় যতটুকু বায়ুর ভার উহার ভার হইতে অপহৃত হইয়াছিল, তাম্রগোলকের বেলায় তদপেক্ষা অনেক অধিক পরিমাণ বায়ুর ভার উহার ভার হইতে কম পড়িয়াছিল। নির্ব্বাত স্থানে বস্তু ওজন করিলে উহার খাঁটি ভার নিরূপিত হয়। অতএব, একই ওজনের দুইটী বস্তুর একটী ক্ষুদ্র ও অপরটী বৃহৎ হইলে উহাদিগকে বায়ুর মধ্যে ওজন করিলে সমান ভারী বোধ হইতে পারে, কিন্তু নির্ব্বাত স্থানে বৃহদায়তন বস্তুটী অধিক ভারী হইবে। এই জন্যই "এক মণ লৌহ ও এক মণ তুলা সমান ভারী নয়।"

৮৫। **বেলুন।**—জলের ন্যায় বায়ুরও কিয়ৎ পরিমাণ উদ্ভাসনী শক্তি আছে। পাথুরে কয়লা হইতে উৎপন্ন যে গ্যাস দ্বারা নগরাদি আলোকিত হয়, তাহা সম-আয়তন বায়ু অপেক্ষা লঘু; অজনক গ্যাস তদপেক্ষাও লঘু। একটী থলের ভিতর পাথুরিয়া কয়লার গ্যাস অথবা অজনক গ্যাস পূরিয়া বায়ুসাগরে ছাড়িয়া দিলে উহা অবশ্যই উপরে উঠিবে। এইরূপ থলেকেই **বেলুন** অর্থাৎ **ব্যোমযান** কহে। ব্যোমযান এত বড় হইতে পারে যে, উহাতে অনেক লোক উঠিলেও বায়ুর উপর উঠিয়া যাইবে।

৮৬। **বায়ুমান যন্ত্র কিরূপে প্রস্তুত করিতে**

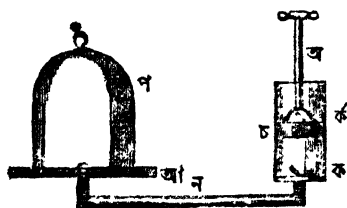
হয়?—একটী বড় কাচনলের এক দিক্ খোলা ও অপর দিক্

১৪শ চিত্র।

বন্ধ। এই নলের মধ্যে পারদ ঢালিয়া পূর্ণ কর। খোলা মুখ অঙ্গুলি দ্বারা আবদ্ধ করিয়া একটী পারদ-পূর্ণ বাটীতে খোলা মুখ ডুবাইয়া দাও। বাটীর পারদের ভিতর নলের মুখ প্রবিষ্ট না হইলে অঙ্গুলি খুলিবে না; নচেৎ নলের সমস্ত পারদ পড়িয়া যাইবে। ১৪শ চিত্রে দেখিতে পাইতেছ, বাটীর উপর নলটী বসাইলে পর নলের অভ্যন্তরস্থ পারদস্তম্ভ খানিকটা নামিয়া পড়িয়াছে। যখন হাতে করিয়া পারদ পূরিয়াছিলে, তখন নলটীর মধ্যে পারদ ছাপাছাপি হইয়াছিল; এখন নলটী উল্টাইয়া বাটীর পারদের মধ্যে খোলা মুখ ছাড়িয়া দিলেই উপরে খানিকটা ফাঁক পড়িয়া গেল। প্রথমতঃ বোধ হইতে পারে যে, খানিকটা বায়ু ঢুকিয়া উপরে উঠিয়াছে। কিন্তু বাস্তবিক তাহা নহে; ঐ ফাঁকটুকুর মধ্যে বায়ু কি অপর কোন পদার্থ নাই। তাহা হইলে প্রশ্ন হইতে পারে যে, বায়ুমণ্ডল বাটীর পারদের উপর চাপ দিতেছে; তবে সেই চাপে বাটীর

পারদ ঠেলিয়া উঠিয়া উপরের শূন্য স্থান পূর্ণ করিতেছে না কেন? যদি বায়ুর তত চাপ থাকিত, তাহা হইলে অবশ্যই শূন্য স্থানটুকু পূর্ণ হইত। বায়ুমণ্ডলের যত চাপ আছে তাহাতে ঐ নলের মধ্যে ত্রিশ ইঞ্চ পর্য্যন্ত পারদ উঠিতে পারে, তাহার উপরে উঠে না। নলের অন্তর্গত পারদস্তম্ভের ভার ঐ স্তম্ভকে নিম্নদিকে চাপিতেছে, বাটীর উপরে বায়ুমণ্ডলের চাপ উহাকে উপর দিকে ঠেলিতেছে। একদিকে পারদস্তম্ভের ভার উহাকে আর নামাইতে পারিতেছে না, অপর দিকে বায়ুমণ্ডলের চাপ উহাকে আর উপরে ঠেলিতে পারিতেছে না। সুতরাং পারদস্তম্ভের উপরে যে ফাঁকটুকু রহিয়াছে, ওটুকু সম্পূর্ণরূপে শূন্য স্থান। এই পরীক্ষাটী ইটালী দেশীয় টরিসেলি নামক এক ব্যক্তি আবিষ্কার করেন—ইঁহারই নামে নলের উপরিস্থ ফাঁকটুকুকে **টরিসেলীয় শূন্য** বলে। এই নলকেই **বায়ুমান যন্ত্র** কহে। বাটীর পারদের উপর হইতে নলের অন্তর্গত পারদস্তম্ভের উচ্চতা মাপিবার জন্য ঐ নলের গায়ে ইঞ্চের দাগ কাটা থাকে।

৮৭। **বায়ুমান যন্ত্রের ব্যবহার কি?**—বায়ুমান যন্ত্র অনেক কাজে লাগে। ইহা দ্বারা আমরা পর্ব্বতাদির উচ্চতা নিরূপণ করিতে পারি। কোন জলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে যত চাপ, উপরে তদপেক্ষা অল্প চাপ। আমরা যে বায়ুসাগরের মধ্যে রহিয়াছি, তাহারও তলদেশে যত চাপ, উপরে তদপেক্ষা অল্প। যখন আমরা পর্ব্বতের নিম্নদেশে থাকি, তখন আমাদিগের উপরে যত বায়ুরাশির চাপ পড়ে, পর্ব্বতের শিখরদেশে উঠিলে তদপেক্ষা অনেক অল্প বায়ুরাশির চাপ পড়িবে। সুতরাং বায়ুরাশির চাপ যে পারদস্তম্ভকে ধারণ করে, তাহা নিম্নদেশে

যত উচ্চ হইবে, পর্ব্বতের শিখরদেশে তদপেক্ষা অল্প উচ্চ হইবে। নিম্নদেশে বায়ুমান যন্ত্রে পারদস্তম্ভ ত্রিশ ইঞ্চ পর্য্যন্ত উঠে; পর্ব্বতের উপরে উচ্চতা অনুসারে কোন স্থানে পঁচিশ ইঞ্চ, কোন স্থানে কুড়ি ইঞ্চ পর্য্যন্ত উঠে। সুতরাং বায়ুমান যন্ত্র দেখিয়া আমরা কতদূর উপরে উঠিয়াছি, তাহা ঠিক্ করিতে পারি। আবার বায়ুমান যন্ত্রের সাহায্যে আকাশের অবস্থাও বুঝা যায়। যদি পারদস্তম্ভ নামিয়া পড়ে তাহা হইলে শীঘ্রই ঝটিকাদি হইবার সম্ভাবনা। যদি পারদস্তম্ভ না নামে, না উঠে, তাহা হইলে আকাশের অবস্থা ভাল থাকিবে।

৮৮। **বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্র**।—১৫শ চিত্রে একটী বায়ু-নিষ্কাশন যন্ত্রের প্রতিরূপ প্রকাশিত হইল। অ—অর্গল, চ—পিত্তল নির্ম্মিত চোঙ্, ক ও র্ক—দুইটী চোরা কবাট, ন—বক্র নল, আ—পিত্তল নির্ম্মিত আধারপাত্র, প—বায়ুপূর্ণ

১৫শ চিত্র।

পাত্র। অর্গলটী চোঙের ভিতর এরূপ ভাবে আঁটা যে, অর্গলের কোন পার্শ্ব দিয়া বায়ু প্রবেশ করিতে পারে না। বক্র নলটীর দুই মুখ খোলা, এক মুখ আধারপাত্রের উপরপৃষ্ঠ পর্য্যন্ত গিয়াছে, অপর মুখ চোঙের নিম্নদিকে লাগিয়াছে। সুতরাং আধার-

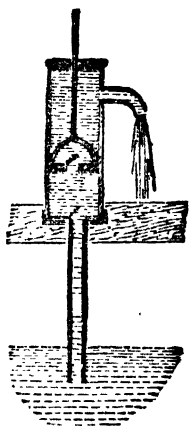
পাত্রের উপর কোন পাত্র বেশ আঁটিয়া বসাইলে, সেই পাত্রের বায়ু এই নল দিয়া অতি সহজেই চোঙের ভিতর যাইতে পারে। পাত্রের বায়ু চোঙের ভিতর আসিতে পারে বটে, কিন্তু চোঙের ভিতর হইতে পাত্রের দিকে আর ফিরিতে পারে না। কারণ, ঠিক্ যেখানে নলের মুখ চোঙের ভিতর আসিয়া পঁহুছিয়াছে, সেইখানে নলের মুখের উপর একখানি চোরা কবাট বসান আছে। নিম্নদিক্ অর্থাৎ নলের দিক্ হইতে ঠেলিলে কবাট-খানি উপর দিকে সহজেই উঠিয়া যায়, কিন্তু উপর দিক্ অর্থাৎ চোঙের ভিতর দিক্ হইতে ঠেলিলে কবাটখানি পড়িয়া নলের মুখ আঁটিয়া ফেলে। অর্গলের মুখেও একখানি চোরা কবাট আছে, এখানিও উপরদিকে খুলে, নিম্নদিকে অর্গলের মুখ আঁটিয়া ফেলে। সুতরাং চোঙের অভ্যন্তরস্থ বায়ু এই কবাট দিয়া বাহিরে যাইতে পারে, কিন্তু বাহিরের বায়ু চোঙের ভিতর আসিতে পারে না।

এখন কিরূপ প্রণালীতে এই যন্ত্র দ্বারা বায়ু নিষ্কাশিত হয়, তাহা দেখা যাউক। একটী পাত্রের মুখে ঘৃতমিশ্রিত মোম লাগাইয়া আধারপাত্রের উপর বেশ আঁটিয়া বসাও। এই পাত্রের মধ্যে বায়ু আছে। মনে কর, অর্গলটী চোঙের তলদেশে ঠেসিয়া রহিয়াছে; এখন অর্গলটী উপরদিকে টানিলে অর্গলের নিম্নপার্শ্ব হইতে চোঙের তলদেশ পর্য্যন্ত যে ফাঁক পড়িবে, তন্মধ্যে বায়ু থাকিবে না। এই শূন্য স্থান অধিকার করিবার জন্য অর্গলের বাহিরের বায়ু ও পাত্রস্থ বায়ু উভয় দিক্ হইতে চেষ্টা করিবে। বাহিরের বায়ু কৃতকার্য্য হইতে পারিবে না; কারণ, বাহির হইতে সজোরে চোঙের ভিতর প্রবেশ করিতে

গেলেই অর্গলের মুখস্থিত চোরা কবাটটী চাপিয়া পড়িবে। অপর দিকে পাত্রস্থ বায়ু অনায়াসেই চোঙের ভিতর আসিবে; কারণ, এই বায়ু যখন নলের ভিতর দিয়া আসিয়া চোঙের ভিতর প্রবেশ করিবার জন্য নলের মুখস্থিত চোরা কবাটটী উপর দিকে ঠেলিবে, তখন কবাটখানি অনায়াসেই খুলিয়া যাইবে। এই-রূপে অর্গলটী যতই উপরে উঠিবে, পাত্রস্থ বায়ু চোঙের অন্তর্গত শূন্যস্থান ততই অধিকার করিবে। এখন অর্গলটী নিম্নদিকে ঠেলিতে আরম্ভ করা যাউক। অর্গলটী নামিতে আরম্ভ করিলেই চোঙের অন্তর্গত বায়ুর উপর চাপ পড়িবে। এই চাপ নিম্নস্থ চোরা কবাটের উপর পড়িয়া উহাকে বন্ধ করিয়া ফেলিবে। সুতরাং চোঙের বায়ু নিম্নদিক্ দিয়া পাত্রের ভিতর আর ফিরিয়া যাইতে পারিবে না, বরং উপর দিকে ঠেলা দিয়া অর্গলের মুখস্থিত কবাটটী খুলিয়া বাহির হইয়া যাইবে। যখন অর্গলটী চোঙের তলদেশে পঁহুছিবে, তখন চোঙের সমস্ত বায়ু বাহির হইয়া যাইবে। এইরূপে প্রতিবারে অর্গলটী উপর দিকে টানিলে পাত্রস্থ বায়ু নলের মুখস্থিত কবাট খুলিয়া চোঙের ভিতর প্রবেশ করে; আবার অর্গলটী নিম্নদিকে ঠেলিলে সেই বায়ু নিম্নদিকে যাইতে না পারিয়া উপরের কবাট খুলিয়া বাহির হইয়া যায়। সুতরাং ক্রমাগত এইরূপ করিলে পাত্রের প্রায় সমস্ত বায়ু বাহির হইয়া যাইবে। বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্র নানা আকারের হইতে পারে, কিন্তু কার্য্যপ্রণালী এক।

৮৭। জলোত্তোলন যন্ত্র।—বায়ুমান যন্ত্রে বায়ুমণ্ডলের চাপে নলের মধ্যে ত্রিশ ইঞ্চ ঊর্দ্ধ পর্য্যন্ত পারদ উঠে। জল সম-আয়তন পারদ অপেক্ষা অনেক লঘু, সুতরাং বায়ুর চাপে জল

ত্রিশ ইঞ্চ অপেক্ষা অনেক উর্দ্ধে উঠিবে; প্রত্যুত, উহা প্রায় ত্রিশ ফুট উঠে।

১৬শ চিত্রে একটী জলোত্তোলন যন্ত্রের ভিতর দিকের প্রতিকৃতি অঙ্কিত হইয়াছে। সর্ব্বনিম্নে চৌবাচ্চা, উহা হইতে জল তুলিতে হইবে। এই চৌবাচ্চা হইতে একটী নল যন্ত্রের চোঙের মধ্যে প্রবেশ করিয়াছে। চোঙের মধ্যে যে অর্গলটী দেখিতেছ, উহা এমন শক্ত করিয়া আঁটা আছে যে, অর্গলের পার্শ্ব দিয়া জল কি বায়ু প্রবেশ করিতে পারে না। প্রত্যুত, বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্রে অর্গলটী চোঙের ভিতর যেরূপ ভাবে লাগান থাকে, এই যন্ত্রেও সেইরূপ ভাবে শক্ত করিয়া লাগান চাই। আবার বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্রে যেরূপ উপরে এবং নিম্নে দুইখানি চোরা কবাট থাকে, এ যন্ত্রেও অর্গলের মুখে এবং নলের মুখে সেইরূপ দুইখানি কবাট থাকে। এই দুইখানি কবাট কেবল উপর দিকেই খুলে, নিম্নদিকে খুলে না; উপর হইতে চাপ পড়িলে ছিদ্রের মুখ বন্ধ করিয়া দেয়। অর্গলের উপরে চোঙের পার্শ্বদিকে একটী নল বসান আছে, দেখিতেছ; উহার মুখ খোলা। এই খোলা মুখ দিয়া চৌবাচ্চার জল বাহির হইবে।

১৬শ চিত্র।

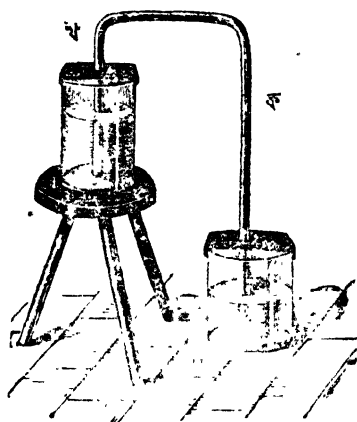
প্রথমতঃ, জলোত্তোলন যন্ত্রটী চৌবাচ্চার উপর বসাইলে উহার নলের অন্তর্গত বায়ুর চাপে চৌবাচ্চার জল নলের ভিতর প্রবেশ করিতে পারিবে না। বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্রের ন্যায় অর্গলটী

তুলিলেই নলের বায়ু নিম্নকবাট খুলিয়া চোঙের ভিতর ঢুকিবে, অর্গলটী নামাইলেই নিম্নকবাট বন্ধ হইবে এবং উপরের কবাট খুলিয়া যাইবে; সুতরাং চোঙের বায়ু বাহির হইয়া যাইবে। এইরূপে অর্গলটী কয়েকবার তোলা নামা করিলেই নলের সমস্ত বায়ু বাহির হইবে। নলের বায়ুর নিম্নচাপে চৌবাচ্চার জল নলের ভিতর উঠিতে পারিতেছিল না; কিন্তু এখন সেই চাপ অপসারিত হইল। সুতরাং চৌবাচ্চার উপরে বায়ুমণ্ডল যে চাপ দিতেছে, সেই চাপে চৌবাচ্চার জল নলের মধ্যে শূন্য স্থান অধিকার করিতে উঠিয়া পড়িবে। আবার, অর্গলটী উপরদিকে টানিলে নলের জল নিম্নকবাট খুলিয়া চোঙের ভিতর ঢুকিবে। কিন্তু এই খানে একটী কথা স্মরণ রাখিতে হইবে। চৌবাচ্চার জলের উপরিভাগ হইতে নলের মুখস্থিত কবাট পর্য্যন্ত দূরতাটুকু ত্রিশ ফুটের অধিক হইলে জলোত্তোলন যন্ত্রের কার্য্য কিছুতেই হইবে না। কারণ, বায়ুমণ্ডলের চাপ নলের ভিতর ত্রিশ ফুট পর্য্যন্ত জল তুলিতে পারে, তাহার ঊর্দ্ধে পারে না। নলের মুখস্থিত কবাট জলের উপরিভাগ হইতে ত্রিশ ফুটের অধিক উচ্চ হইলে নলের মধ্যে উত্তোলিত জল ঐ কবাট পর্য্যন্ত পঁহুছিবে-না। জলের উপরিভাগ হইতে নিম্নকবাটের উচ্চতা ছাব্বিশ সাতাইশ ফুট হইলে যন্ত্রের কার্য্য সুচারুরূপে চলিতে পারে; কারণ, তাহা হইলে চোঙের ভিতর পর্য্যন্ত জল উঠিবার কোনও বাধা থাকে না। চোঙ্ জলপূর্ণ হইলে অর্গলটী নিম্নদিকে যতই চাপিবে, চোঙের জল অর্গলের মুখস্থিত কবাটটী খুলিয়া ততই অর্গলের উপর উঠিতে থাকিবে; কারণ, অর্গলের নিম্নস্থ জলের চাপে নিম্নকবাট বন্ধ হইবে, তাহাতে চোঙের জল নলের ভিতর

নামিতে পারিবে না। অর্গলটী যখন পুনরায় উপর দিকে টানিবে, অর্গলের উপরিস্থ জল চোঙের পার্শ্বস্থ নলের খোলা মুখ দিয়া বাহিরে পড়িতে থাকিবে।

জলোত্তোলন যন্ত্রের ভিতর কিরূপে কার্য্য হয়, তাহা স্বচক্ষে দেখিবার জন্য একটী কাচের চোঙ্-বিশিষ্ট যন্ত্র লও। কাচের ভিতর দিয়া সকল ব্যাপারই দেখিতে পাইবে। প্রথমতঃ, অর্গলটী তুলিলেই উপরের কবাট বন্ধ হইবে এবং নিম্নকবাট খুলিয়া যাইবে। আবার, অর্গলটী নিম্নদিকে নামিবার সময় নিম্নকবাট বন্ধ হইবে ও উপরের কবাট খুলিয়া যাইবে। অর্গলটী চোঙের ভিতর আঁটিয়া না বসিলে উহার পার্শ্বস্থ ফাঁক দিয়া উপরের বায়ু অর্গলের নিম্নে ঢুকিবে এবং কোন কার্য্যই হইতে দিবে না। যন্ত্রটীর সর্ব্বদা ব্যবহার না থাকিলে, অর্গলটী আঁটিয়া বসাইবার জন্য উহার মুখের চারি দিকে চাম্ড়া কিংবা অন্য যে দ্রব্য জড়ান থাকে, তাহা কখন কখন শুকাইয়া যায়। এরূপ শুকাইলে, অর্গলের চারি পার্শ্বে ফাঁক বহিতে থাকে, এবং যন্ত্রের কার্য্য চলে না। এরূপ অবস্থায়, অর্গলের উপর কিঞ্চিৎ জল ঢালিয়া দিলেই চাম্ড়া অথবা অপর জড়ান দ্রব্য ভিজিয়া উঠে, এবং চোঙের গায় বেশ আঁটিয়া লাগে।

৯০। **বক্রনালী যন্ত্র।**—সাইফন নামে এক প্রকার যন্ত্র আছে; উহাকেই **বক্রনালী** যন্ত্র বলে। বায়ুমণ্ডলের চাপ হইতেই উহার কার্য্য হয়। ১৭শ চিত্রে একটী সাইফনের প্রতিরূপ দেখিতে পাইবে। কোন উচ্চস্থ পাত্র হইতে নিম্নস্থ পাত্রে কোন দ্রব পদার্থ লইয়া যাইবার জন্য এই যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। সাইফন-নলের দুইটী বাহু—ক ও খ। ক বাহুটী লম্বা, খ বাহুটী

খাট। ক্ষুদ্রতর বাহুর মুখে অঙ্গুলি টিপিয়া বৃহত্তর বাহুর মুখ দিয়া জল ঢালিয়া সমস্ত নলটী জলপূর্ণ কর। এখন নলটী উল্টাইয়া বৃহত্তর বাহু নিম্নস্থ জলশূন্য পাত্রে এবং ক্ষুদ্রতর বাহুর মুখ উচ্চস্থ পাত্রের জলে ডুবাইয়া অঙ্গুলি ছাড়িয়া দাও। যদি

১৭শ চিত্র।

ক্ষুদ্রতর বাহু উচ্চস্থ পাত্রের তলদেশ পর্য্যন্ত যায়, তাহা হইলে ঐ পাত্রের সমস্ত জল ক্রমাগত নিম্নস্থ পাত্রে গিয়া পড়িবে। ইহার কারণ আর কিছুই নয়; ক্ষুদ্রতর বাহু নিম্নমুখ হইয়া উচ্চস্থ পাত্রের ভিতর গিয়াছে বটে, কিন্তু উহার জল বাহির হইয়া পাত্রে পড়িতে পারিতেছে না। কারণ, পাত্রস্থ জলের উপর বায়ুমণ্ডলের যে চাপ, তাহা ক্ষুদ্রতর বাহুর অভ্যন্তরস্থ জলের নিম্নাভিমুখ গতিকে প্রতিরোধ করিতেছে। কিন্তু অপর দিকে, বৃহত্তর বাহুর জল নিম্নাভিমুখ গতিতে নিম্নস্থ শূন্য পাত্রে গিয়া পড়িতে লাগিল। সাইফন-নলের ভিতরে এই বহির্গত জলের

স্থান অধিকার করিবার জন্য ক্ষুদ্রতর বাহুর দিক্ হইতে জল না আসিলে কিয়ৎপরিমাণ স্থান শূন্য হইয়া পড়িবার সম্ভাবনা। তজ্জন্য, উচ্চস্থ জলপাত্রের উপর বায়ুমণ্ডলের যে চাপ, তাহা পাত্রের জলকে ঠেলিয়া ক্ষুদ্রতর বাহুর ভিতর দিয়া সমস্ত সাইফন-নলটী জলপূর্ণ করিয়া রাখে।

পঞ্চম অধ্যায়।

পদার্থের কার্য্যকরী শক্তি।

৯১। **কি কি প্রধান কারণে পদার্থ শক্তিসম্পন্ন হয়?**—পদার্থ নানা কারণে শক্তিসম্পন্ন হয়; তন্মধ্যে কয়েকটী প্রধান কারণ আছে। যখন কোন পদার্থ **প্রকৃত গতি প্রাপ্ত** হয়, কিংবা **ভূয়ঃকম্পিত** হয়, কিংবা **তাপপ্রাপ্ত** হয়, কিংবা **চৌম্বকযুক্ত** হয়, কিংবা **তড়িৎযুক্ত** হয়, তখন উহাতে **কার্য্যকরী শক্তি** জন্মে।

৯২। **কার্য্য কাহাকে বলে?**—যখন আমরা কোন পুরুষের শক্তি আছে বলি, তখন কি বুঝায়? পুরুষটী কার্য্য করিতে পারে। সেইরূপ, যখন আমরা কোন পদার্থের শক্তি আছে বলি, তখন এই বুঝায় যে, পদার্থটী কার্য্য করিতে পারে।

প্রত্যুত, কোন পদার্থের কার্য্যকরী শক্তি যতক্ষণ না ফুরায়, ততক্ষণ সেই পদার্থ যে পরিমাণ কার্য্য করিতে পারে, সেই কার্য্যপরিমাণ দ্বারাই ঐ পদার্থের শক্তিপরিমাণ অনুমিত হয়। মনে কর, আমি যদি এক সের দ্রব্য এক হস্ত উচ্চে তুলি, তাহা হইলে কিঞ্চিৎ কার্য্য করা হইল; যদি দুই হস্ত উচ্চে তুলি, তাহা হইলে পূর্ব্ব কার্য্যের দ্বিগুণ কার্য্য হইল; যদি তিন হস্ত উচ্চে তুলি, তাহা হইলে তিন গুণ কার্য্য হইল। এক সের দ্রব্য এক হস্ত উচ্চে তুলিলে যে পরিমাণ কার্য্য হয়, তাহা যদি **এক** বলিয়া ধরা যায়, তাহা হইলে তিন হস্ত উচ্চে তুলিলে যে পরিমাণ কার্য্য হইবে, তাহাকে **তিন** বলিতে হইবে। আবার অপর দিকে এক সের দ্রব্য এক হস্ত উচ্চে তুলিলে যে পরিমাণ কার্য্য হয়, দুই সের দ্রব্য তদ্দূর তুলিলে দ্বিগুণ কার্য্য হয়; সুতরাং দুই সের দ্রব্য তিন হস্ত উচ্চে তুলিলে **ছয়** হয়। **যত সের দ্রব্যকে যত হস্ত উচ্চে তুমি তুলিবে, তত সেরকে তত হস্ত দিয়া পূরণ করিলেই কার্য্যপরিমাণ নিরূপিত হয়।**

একটী কামান উপরদিকে মুখ করিয়া বসাইয়া একটী ১০০ সের ভারী গোলা এমন জোরে ছুড়িলাম যে, ঠিক্ ১০০০ হস্ত উচ্চ পর্য্যন্ত উঠিয়া নিম্নে পড়িল। এস্থলে গোলাটীর কার্য্যকরী শক্তি =১০০×১,০০০=১০০,০০০। যদি কামানে আরও অধিক বারুদ পূরিয়া গোলা ছোড়া যায়, তাহা হইলে গোলাটী অবশ্য আরও উচ্চে উঠিবে। মনে কর, গোলাটী ১,৫০০ হস্ত উচ্চ পর্য্যন্ত উঠিতে পারিল। ইহার কার্য্যকরী শক্তি= ১০০×১,৫০০=১৫০,০০০। যত অধিক বেগে গোলাটী ছোড়া

হইবে, উহা তত অধিক উচ্চে উঠিবে, সুতরাং উহার কার্য্যকরী শক্তি তত অধিক হইবে।

৯৩। গতিশীল পদার্থের বেগের তুলনায় কার্য্যপরিমাণ কত?—কোন পদার্থ উপর দিকে দ্বিগুণ বেগে ছুড়িলে উহা যে **দ্বিগুণ** উচ্চে উঠে তাহা নহে, **চারি গুণ** উচ্চে উঠিবে—তিনগুণ বেগে ছুড়িলে **তিন গুণ** উচ্চে উঠিবে তাহা নহে, তিন গুণিত তিন অর্থাৎ **নয় গুণ** উচ্চে উঠিবে। অতএব একটী কামানের গোলা দ্বিগুণ বেগে উঠিলে চারিগুণ কার্য্য করে। কামানের গোলা কত উচ্চ উঠিতে পারে তাহা দেখিয়া যেমন উহার কার্য্যপরিমাণ মাপা যায়, অন্য উপায়েও তেমনই মাপা যাইতে পারে। সম্মুখে কতকগুলি কাঠের তক্তা পর পর সাজাইয়া গোলা ছুড়িলে উহা তক্তা ভেদ করিয়া যায়। গোলার একগুণ বেগ থাকিলে যতখানি তক্তা ভেদ করিবে, দ্বিগুণ বেগ হইলে তাহার চারিগুণ তক্তা ভেদ করিবে, তিন গুণ বেগ হইলে নয়গুণ তক্তা ভেদ করিবে। সুতরাং **বেগের বর্গানুসারে কার্য্যের বৃদ্ধি হয়।**

৯৪। কার্য্যকরী শক্তির নিষ্ক্রিয় অবস্থা।—যখন কোন পদার্থ দ্রুতগতিতে ছুটিতে থাকে, তখন যে তাহার কার্য্যকরী শক্তি অনেক থাকে, তাহা আমরা সহজেই দেখিতে পাই; কিন্তু স্থির অবস্থাতেও কার্য্যকরী শক্তি থাকিতে পারে। একটী মানুষ যখন স্থির থাকে তখন তাহার শক্তি নিদ্রিত থাকে, কার্য্যকালে প্রকাশ পায়। জড়পদার্থেরও এইরূপ নিদ্রিত শক্তি থাকে। মনে কর, দুইটী সমান বলবান্ পুরুষ

পরস্পরের দিকে ঢিল ছুড়িতেছে। একজন একটী গৃহের ছাদের উপর রাশীকৃত ঢিল লইয়া তথা হইতে ছুড়িতেছে; আর একজন নিম্নে দাঁড়াইয়া ছুড়িতেছে। এই দুই জনের মধ্যে কে জিতিবে তাহা কি জিজ্ঞাসা করিতে হইবে? গৃহের ছাদে যে দাঁড়াইয়াছে সেই জিতিবে। কেন, তাহার কি সুবিধা হইয়াছে? দুই জনই সমান বলবান্; তবে তাহার সুবিধা এই যে, তাহার ঢিলগুলি অপরের ঢিলগুলি অপেক্ষা অনেক উচ্চে থাকাতে তাহার ঢিলগুলির কার্য্যকরী শক্তি অপেক্ষাকৃত অনেক অধিক। উপর হইতে নিম্ন দিকে যত কার্য্য করা যায়, নিম্ন হইতে উপরদিকে তত কার্য্য করা যায় না।

খরচ করিবার সময় হস্তে অর্থ থাকিলে যেমন অবিরল খরচ হইতে থাকে, গতিশীল পদার্থের কার্য্যকরী শক্তি সেইরূপ গতির সঙ্গে সঙ্গে ব্যয় হইতে থাকে। কিন্তু, ব্যাঙ্কে টাকা আমানত করিয়া রাখিলে প্রয়োজন মত বাহির করিয়া আনিতে পারা যায়; সেইরূপ উচ্চস্থিত পদার্থের কার্য্যকরী শক্তি মজুত থাকে, আবশ্যক হইলেই মজুত শক্তি হইতে ব্যয় করিতে পারা যায়। ক্রিয়াশীল কার্য্যকরী শক্তি অপেক্ষা নিষ্ক্রিয় শক্তির এই সুবিধা। কয়েক খানি কাচপাত্র পরে পরে বসাইয়া একটী বেল কিঞ্চিৎ জোরে ছুড়িলেই একে একে কাচপাত্রগুলি ভাঙ্গিয়া ফেলে। এখানে কিরূপ ব্যাপার ঘটিল দেখা যাউক। বেল গতি প্রাপ্ত হইলেই উহাতে কার্য্যকরী শক্তি জন্মে; এই শক্তি যখনই জন্মিল, অমনি গতির সঙ্গে সঙ্গে ব্যয় হইতে লাগিল। কাচপাত্রগুলি ভাঙ্গাতেও অনেক শক্তি ব্যয়িত হয়। সুতরাং আয়ের সঙ্গে সঙ্গে ব্যয়। কিন্তু যখন গাছের ডালে বেল ঝুলিতে

থাকে, তখন তাহাতে এইরূপ কার্য্যকরী শক্তি সঞ্চিত থাকে; পাকিয়া নিম্নে পড়িবার সময় এই সঞ্চিত শক্তি হইতে ব্যয় হইতে থাকে। তখন ঐরূপ কাচপাত্র সাজান থাকিলে তাহাও ভাঙ্গিয়া ফেলিবে। এস্থলে বেলটী উচ্চে থাকিবার কারণে উহাতে কার্য্যকরী শক্তি অগ্রেই সঞ্চিত ছিল; গাছের তলায় যে বেল পড়িয়া থাকে, তাহাতে এরূপ পূর্ব্ব-সঞ্চিত শক্তি থাকে না।

ষষ্ঠ অধ্যায়।

শব্দ।

৯৫। **শব্দ কি?**—যে বস্তু স্থান পরিবর্ত্তন করে তাহা অবশ্যই গতিশীল। কিন্তু তাই বলিয়া সকল রকমের গতিশীল বস্তুই যে, সর্ব্বাঙ্গ লইয়া স্থান পরিবর্ত্তন করে, তাহা নহে। লাটিম যখন বেগে ঘূরিতে থাকে, তখন উহা অবশ্যই গতিশীল. কিন্তু উহার সর্ব্বাঙ্গ স্থান পরিবর্ত্তন করে না।

১৮শ চিত্র।

১৮শ চিত্রে একটী কাষ্ঠখণ্ডের উপর একটী তারের এক প্রান্ত বিদ্ধ রহিয়াছে। অপর প্রান্তে আঘাত করিলে উহা অতি দ্রুত বেগে সম্মুখে ও পশ্চাতে দুলিতে থাকে. কিন্তু সমগ্র তারটী স্থানচ্যুত হয় না। এই-রূপ কোন তারের অণু সকল যখন সম্মুখ ও পশ্চাদ্দিকে দুলিতে থাকে তখন তাহাদিগকে **কম্পিত** বলে।

যখন ঢাক কি ঘণ্টাতে আঘাত করা যায়, তখন ঐ ঢাক কি ঘণ্টার অণু সকল কম্পিত হয়। যখন কোন সঙ্গীতযন্ত্রের তার টানিয়া ছাড়িয়া দেওয়া যায়, তখন তারটী কাঁপিতে থাকে।

এক স্থান হইতে অন্য স্থানে যাইলে যে গতি বলে, সে গতিতে যেমন কার্য্যকরী শক্তি উৎপন্ন হয়, তেমনই কম্পন রূপ গতিতেও কার্য্যকরী শক্তি আছে। কম্পনশীল বস্তুতে অণু সকল এক পার্শ্ব হইতে অপর পার্শ্বে অতি সত্বর দুলিতে থাকে; এই সময় তুমি যদি উহাদিগকে থামাইতে যাও, উহারা **তোমাকে** আঘাত করিবে। অপর কোন পদার্থ তাহাদের দুলিবার পথে পড়িলে, **তাহাকেও** আঘাত করিবে। বায়ুমণ্ডলের বায়ু তাহাদের দুলিবার পথে রহিয়াছে, সুতরাং তাহাতে আঘাত করে। কম্পনশীল তারের মাথা যত বার একদিকে ফিরিয়া আসে, তত বারই বায়ুতে সেই দিকে আঘাত করে। প্রত্যুত, কম্পনশীল পদার্থ অতি অল্প সময়ের মধ্যে বায়ুতে অনেক বার আঘাত করে। যখন বায়ুতে আঘাত হয়, তখন সেই আহত বায়ু তাহার পরবর্ত্তী বায়ুতে আঘাত করে; আবার এই বায়ু তাহার পরবর্ত্তী বায়ুতে আঘাত করে। ক্রমাগত এইরূপ করিয়া তারের আঘাতটী অনেক দূর পর্য্যন্ত চলিয়া যায়। অবশেষে এই আঘাত তোমার কি আমার কর্ণে পঁহুছে। আমরা কর্ণে আঘাত প্রাপ্ত হই; কিন্তু যেরূপ আঘাতে আমাদিগকে ঠেলিয়া ফেলে, এ আঘাত সেরূপ নয়। তজ্জন্য ইহাকে আঘাত বলে না। বরং আমরা বলি যে, **একটী শব্দ আমাদিগের কর্ণে লাগিল**—অর্থাৎ আমরা একটী শব্দ শুনিলাম।

৯৬। নাদ, কোলাহল ও সঙ্গীত।—যখন কোন পদার্থ বায়ুতে একটী মাত্র আঘাত করে, তখন বায়ু ঐ একটী মাত্র আঘাত কর্ণে লইয়া আসে, ইহাকেই **নাদ** বলে। কামান আওয়াজ করিলে আমরা একটীমাত্র শব্দ শুনি, ইহাই নাদ। যদি বায়ুতে অনিয়মিত রূপে কতকগুলি আঘাত হইতে থাকে, তাহা হইলে কর্ণেও সেইরূপ অনিয়মিত আঘাত হয়, ইহাকেই **কোলাহল** বলে। কিন্তু যে পদার্থ বায়ুকে আঘাত করে তাহা যদি কম্পিত হইতে থাকে, তাহা হইলে এক সেকেণ্ডের মধ্যে বায়ুতে ঠিক্ নিয়মিত সময় অন্তর অনেকগুলি আঘাত হয়; বায়ু আমাদের কর্ণে এক সেকেণ্ডের মধ্যে ঠিক্ ততগুলি আঘাত বহন করিয়া লইয়া আসে। তখন আমরা বলি, একটী **সঙ্গীত-ধ্বনি** শুনিলাম। অতএব **আমাদের কর্ণে একটী আঘাত লাগিলেই নাদ বলি, কতকগুলি অনিয়মিত আঘাত লাগিলেই কোলাহল বলি, কিন্তু পরে পরে নিয়মিত সময় অন্তর অনেকগুলি ছোট ছোট আঘাত লাগিলেই সঙ্গীত-ধ্বনি বলি।** যদি কম্পনশীল বস্তু বায়ুতে এক সেকেণ্ডে নিয়মিত সময় অন্তর অল্পসংখ্যক আঘাত করে, সুতরাং বায়ুও কর্ণের ভিতর এক সেকেণ্ডে অল্পসংখ্যক নিয়মিত আঘাত আনিয়া দেয়, তাহা হইলে **গম্ভীর কোমল স্বর** হইবে। যদি কম্পনশীল বস্তুটী বায়ুতে এক সেকেণ্ডে অত্যন্ত অধিক বার আঘাত করে, সুতরাং কর্ণের মধ্যে এক সেকেণ্ডে ঠিক্ তত বার আঘাত হয়, তাহা হইলে অত্যন্ত **উচ্চ তীব্র স্বর** হইবে। অতএব **কর্ণের মধ্যে এক সেকেণ্ডে অল্পসংখ্যক**

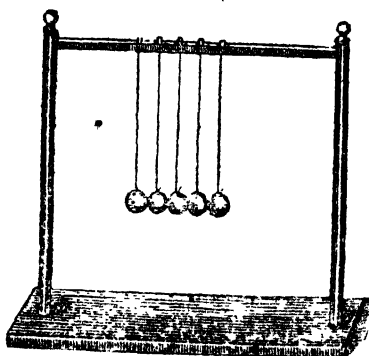
আঘাত লাগিলে গম্ভীর কোমল স্বর হয়, কিন্তু ঐ সময়ের মধ্যে অত্যন্ত অধিকসংখ্যক আঘাত লাগিলে উচ্চ তীব্র স্বর হয়। এক সেকেণ্ডে ২০,০০০ আঘাত লাগিলে অত্যন্ত চড়া সুর হয়, ৫০টী আঘাত লাগিলে অত্যন্ত নীচু সুর হয়।

৯৭। শব্দের কার্য্যকরী শক্তি আছে।— সঙ্গীত-ধ্বনি শুনিতে বড় মধুর, কিন্তু নাদ অর্থাৎ একটী আঘাত শুনিতে ভাল লাগে না; এমন কি ঐ নাদ যদি ভয়ঙ্কর উচ্চ হয়, তাহা হইলে কর্ণের শ্রবণশক্তি পর্য্যন্ত নষ্ট হইতে পারে। কামানের শব্দে কোন ব্যক্তির কর্ণ বধির হইয়া গিয়াছে; এরূপ শব্দ যদি কাচের সার্সির গায়ে লাগে, তাহা হইলে কাচ ভাঙ্গিয়া যায়। কখন কখন বারুদখানায় আগুণ লাগিয়া এমন ভয়ানক শব্দ হইয়াছে যে, নিকটবর্ত্তী গৃহ সমূহের সার্সি প্রভৃতি ভাঙ্গিয়া গিয়াছে। সুতরাং শব্দের কার্য্যকরী শক্তি আছে।

৯৮। শব্দ বহন করিবার জন্য বায়ু আবশ্যক।— একটী বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্রের আধারপাত্রে একটী বড় কাচপাত্র বসাইয়া উহার ভিতর হইতে বায়ু নিষ্কাশিত কর। এই বায়ুহীন কাচপাত্রের ভিতর ঘণ্টা বাজাইলে কোন শব্দ হইবে না। বায়ু না থাকাতে ঘণ্টার কম্পমান অণুগুলি কিছুতে আঘাত করিতে পায় না, সুতরাং কর্ণেও কোন শব্দ আইসে না। **ঘণ্টা কিংবা অন্য কম্পমান বস্তুতে কিয়ৎপরিমাণ কার্য্যকরী শক্তি থাকে, বস্তুটী বায়ুতে ক্রমশঃ ঐ শক্তি দিতে থাকে; বায়ু সেই শক্তি কর্ণে চালিত করে। কিন্তু যদি বায়ু না থাকে, তবে কে কম্পমান বস্তুর কার্য্যকরী শক্তিকে কর্ণে লইয়া আসিবে?**

৯৯। **শব্দ বায়ুর মধ্য দিয়া কি প্রকারে গমন করে?**—কম্পমান পদার্থের আঘাত বায়ুতে লাগিলে উহা ক্রমশঃ বায়ু দ্বারা অনেক দূর পর্য্যন্ত নীত হয়, ইহাকেই শব্দ বলে। শব্দের প্রকৃতি সম্বন্ধে কিছু বুঝিতে চেষ্টা করা যাউক। এক মাইল কি দুই মাইল দূরে একটী কামান আওয়াজ করিলে কামানের নিকটবর্ত্তী বায়ুর অণুগুলি আঘাত প্রাপ্ত হইয়া সমস্ত পথ ছুটিয়া আসিয়া কর্ণে আঘাত করে, এমন নহে। কামানের নিকটবর্ত্তী বায়ুভাগের অণুগুলি আঘাত প্রাপ্ত হইয়া তাহার পরবর্ত্তী অণুতে ঐ আঘাত চালিত করিয়াই নিরস্ত হয়; এই পরবর্ত্তী অণু তাহার পরবর্ত্তী অণুতে সেই আঘাত প্রদান করিয়া থামিয়া যায়। আঘাতটী ক্রমাগত এইরূপে চালিত হইয়া কর্ণে আসিয়া পঁহুছে। নিম্নলিখিত পরীক্ষাতে এইটী বেশ পরিষ্কার হইবে।

১৯শ চিত্রে কয়েকটী মার্ব্বেল সূত্র দ্বারা ঝুলান রহিয়াছে। মার্ব্বেলগুলি পরস্পর স্পর্শ করিয়া রহিয়াছে। প্রথম মার্ব্বেলটী একটু পশ্চাদ্দিকে টানিয়া ছাড়িয়া দিলেই দ্বিতীয় মার্ব্বেলের গায় আঘাত করিয়াই থামিবে, আর সম্মুখ দিকে অগ্রসর হইবে না। দ্বিতীয় মার্ব্বেলটী ঐ আঘাত তৃতীয় মার্ব্বেলকে দিয়া স্বস্থানে দাঁড়াইয়া থাকিবে। তৃতীয় মার্ব্বেলটীও ঐ আঘাত চতুর্থ মার্ব্বেলকে দিয়া স্বস্থানে দাঁড়াইয়া থাকিবে। এইরূপে ঐ আঘাতটী ক্রমাগত চালিত হইয়া শেষ মার্ব্বেলে পঁহুছিবে। শেষ মার্ব্বেলের সম্মুখে আর কোন মার্ব্বেল নাই, সুতরাং শেষ মার্ব্বেলটী আঘাত পাইলেই সম্মুখ দিকে অগ্রসর হইবে। মধ্যবর্ত্তী মার্ব্বেলগুলি কেহই নড়িল না, কেবল শেষের মার্ব্বে-

টী নড়িল। কামান ছুড়িলে কামানের নিকটবর্ত্তী বায়ুভাগের

১৯শ চিত্র।

অণুগুলি প্রথম মার্ব্বেলের ন্যায় পরবর্ত্তী অণুগুলিতে আঘাত করে। আঘাতটী ক্রমাগত অণু হইতে অণুতে চালিত হয়, কিন্তু কোন অণুই স্থানচ্যুত হয় না। অবশেষে কর্ণের নিকট-বর্ত্তী অণুগুলি শেষ মার্ব্বেলের ন্যায় কর্ণের ভিতর আঘাত করে। এখন বুঝা গেল যে, কামানের নিকটবর্ত্তী অণুগুলি সমস্ত পথ চলিয়া আসিয়া কর্ণে আঘাত করে না।

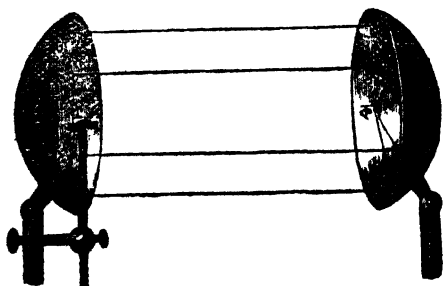
১০০। **শব্দের বেগ**।—কামানের মুখ হইতে আমাদের কর্ণ পর্য্যন্ত শব্দ আসিতে অবশ্য সময় লাগে। শব্দ খুব দ্রুত ছুটে, এমন কি বন্দুকের গুলির মত ছুটে; কিন্তু যত দ্রুতই ছুটুক, কামানের মুখ হইতে নিমেষের মধ্যে আমাদের কর্ণে আসিতে পারে না। দূরে বন্দুক আওয়াজ করিলে প্রথমে আলোক ও ধূম দেখিতে পাওয়া যায়; কয়েক সেকেণ্ড

পরে শব্দ শুনিতে পাওয়া যায়। শব্দ শুনিতে যত সেকেণ্ড বিলম্ব হয়, বন্দুকের মুখ হইতে তোমার কর্ণে শব্দ আসিতে তত সেকেণ্ড সময় লাগে। বন্দুক ছুড়িবা মাত্র আলোক দেখিতে পাওয়া যায়, ঠিক্ সেই মুহূর্ত্ত হইতে যদি সেকেণ্ড গণা হয়, তাহা হইলে শব্দটী কর্ণে পঁহুছিতে কত সময় লাগে তাহা নিরূপণ করিতে পারা যায়। মনে কর, বন্দুকটী ১১,০০০ ফুট দূরে এবং আলোক দেখা ও শব্দ শুনার মধ্যে তুমি দশ সেকেণ্ড গণিলে, তাহা হইলে তুমি অবশ্যই সিদ্ধান্ত করিবে যে, শব্দ ১১,০০০ ফুট যাইতে দশ সেকেণ্ড লাগে—অর্থাৎ শব্দ এক সেকেণ্ডে ১,১০০ ফুট যায়। প্রত্যুত, শব্দের বেগ উহাই বটে।

শব্দ বায়ু অপেক্ষা জলের ভিতর দিয়া অধিকতর দ্রুত যায়। জেনিভা হ্রদে পরীক্ষা করিয়া নিরূপিত হইয়াছে যে, বায়ু অপেক্ষা জলের মধ্যে শব্দ চারিগুণ অধিক বেগে যায়। কাষ্ঠ ও লৌহের ভিতর দিয়া শব্দ আরও দ্রুত যায়,—বায়ু অপেক্ষা কাষ্ঠের মধ্য দিয়া ১০ হইতে ১৬ গুণ অধিক দ্রুত যায়। অনেকগুলি কাষ্ঠখণ্ড যদি এক ক্রোশ পর্য্যন্ত পর পর সাজান যায় এবং এক ধারে কাণ রাখিয়া অপর ধারে আঘাত করা যায়, তাহা হইলে সেই আঘাতের শব্দ কর্ণে এক সেকেণ্ডে পঁহুছিবে।

বায়ুর অণু সকল যে প্রণালীতে শব্দ বহন করে, জল কাষ্ঠ লৌহ প্রভৃতি অপরাপর পদার্থের অণুও সেই প্রণালীতে বহন করে।

১০১। প্রতিধ্বনি।—মনে কর, চারিদিকে পাহাড় এমন একটী স্থানের ঠিক্ মধ্যস্থলে তুমি দাঁড়াইয়াছ। এইখান হইতে বন্দুক ছুড়িলে উহার শব্দ চারিদিকের পাহাড়ে লাগিবে।

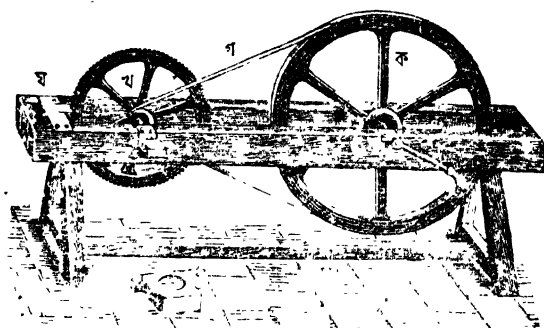
কেবল পাহাড়ে লাগিবে তাহা নহে, আরও কিছু ঘটিবে। যখন বায়ুর আঘাত পাহাড়ে লাগিয়া আর অগ্রসর হইতে পারিবে না, তখন সেই আঘাত ফিরিয়া আসিবে; যে রেখাক্রমে শব্দটী গিয়াছিল ঠিক্ সেই রেখাক্রমে ফিরিবে, এবং বরাবর প্রতি সেকেণ্ডে ১,[illegible]০ ফুট বেগে চলিবে। সুতরাং বন্দুকটী ছুড়িবার কয়েক সেকেণ্ড পরে ঐ শব্দ তোমার কর্ণে ফিরিয়া আসিবে; তখন তোমার মনে হইবে যেন, পাহাড়ের নিকটে আর একটী বন্দুক ছোড়া হইয়াছে। এই শব্দকেই **প্রতি-ধ্বনি** বলে। সুতরাং কোন শব্দ পাহাড়, অট্টালিকা, প্রাচীর প্রভৃতি কোন বাধায় লাগিয়া **প্রতিক্ষিপ্ত** হইয়া আসিলেই প্রতিধ্বনি হয়। প্রতিধ্বনি শব্দের প্রতিক্ষেপ মাত্র। শব্দ যে পথ দিয়া যায়, প্রতিধ্বনি সেই পথ ধরিয়া ফিরিয়া আসে, কিন্তু সকল সময় তাহা হয় না। ২০শ চিত্রে দুইখানি Reflector

২০শ চিত্র।

—রিফ্লেক্টর) অর্থাৎ কটাহাকৃতি **প্রতিক্ষেপক** দর্পণ পরস্পর সম্মুখীন ভাবে স্থাপিত হইয়াছে। বাম দর্পণের ঠিক্

(Focus—ফোকস্) **অধিশ্রয়ণ বিন্দুতে** একটী ঘড়ি রাখিয়া দক্ষিণ দর্পণের অধিশ্রয়ণ বিন্দুতে কর্ণ পাতিলে বোধ হইবে যেন, কর্ণের কাছেই ঘড়িটী টিক্ টিক্ করিতেছে। ইহার কারণ এই যে, ঘড়িটী বায়ুতে যে আঘাত করে, সেই আঘাত বাম দর্পণে লাগিয়া সরল রেখা ক্রমে দক্ষিণ দর্পণের ভিতর গায় লাগে। এবং বাম দর্পণের অধিশ্রয়ণ বিন্দু হইতে আঘাতগুলি যে রেখা ক্রমে উহার ভিতর গায় লাগিয়াছিল দক্ষিণ দর্পণের ভিতরের গাত্র হইতে ঠিক্ সেইরূপ রেখা দিয়া উহার অধিশ্রয়ণ বিন্দুতে আসিয়া কর্ণে লাগে। এই পরীক্ষায় যেরূপ রেখাক্রমে শব্দের গতি হয়, তাহা চিত্রে প্রদর্শিত হইল।

১০২। **এক সেকেণ্ডে কোন্ সুরে কত কম্পন হয়, তাহা জানিবার উপায়।**—কোন কম্পনশীল পদার্থ এক সেকেণ্ডে বায়ুতে অল্পসংখ্যক আঘাত করিলে গম্ভীর কোমল স্বর হয়, আর অধিকসংখ্যক আঘাত করিলে উচ্চ তীব্র স্বর হয়, সুতরাং এক সেকেণ্ডে বায়ুতে যত আঘাত হয়, তদনুসারে সুরের তারতম্য হয়। কোন্ সুরে কত আঘাত আবশ্যক তাহা আমরা পরীক্ষা দ্বারা বাহির করিতে পারি।

২১শ চিত্রে দক্ষিণে একটী বৃহৎ বক্র, ক। উহার হাতল রহিয়াছে; এই হাতল দিয়া উহাকে অনায়াসেই ঘুরান যায়। এই চক্রের পরিধিতে খুব শক্ত চাম্‌ড়া—গ—বেশ আঁটিয়া জড়ান আছে। এই চাম্‌ড়া ক্ষুদ্রতর খ চক্রের অক্ষেও জড়ান হইয়াছে। ইহাতে এই ফল হইয়াছে যে, ক চক্রখানি এক-বার ঘুরিলেই খ চক্রের অক্ষ অনেকবার ঘুরে। অক্ষ ঘুরিলে

চক্রও অবশ্য ঘুরিবে; অতএব অক্ষ যতবার ঘূরে, খ চক্রও ততবার ঘূরে। সুতরাং ক চক্র একবার ঘূরিলে খ চক্র বহুবার ঘূরে। ঘ স্থানে এক খণ্ড তাস এরূপ ভাবে বসান আছে যে, খ চক্র ঘূরিবার সময় উহার প্রত্যেক দাঁত ঐ তাসখানিকে আঘাত করে।

২১শ চিত্র।

যখনই তাসখানিতে একটী আঘাত হয়, তখনই আমরা একটীমাত্র শব্দ শুনিতে পাই; কারণ, তাসখানি তখন বায়ুতে একটী মাত্র আঘাত করে। খ চক্রে যদি ১০০ দাঁত থাকে, তাহা হইলে চক্রখানি একবার ঘূরিলেই তাসখানিতে ১০০ আঘাত লাগে। খ চক্র যদি এক সেকেণ্ডে একবার ঘূরে তাহা হইলে এক সেকেণ্ডে বায়ুতে ১০০ আঘাত হইবে, সুতরাং ১০০টী শব্দ শুনিতে পাইব। আমরা প্রত্যেক শব্দটী যে পৃথক্ পৃথক্ বুঝিতে পারিব, তাহা নহে; ঐ ১০০টী শব্দ মিশিয়া একটী গম্ভীর সুরের মত হইবে। ক চক্রের হাতল খুব দ্রুত ঘুরাইয়া

আমরা খ চক্রকে এক সেকেণ্ডে ১০০ বার ঘুরাইতে পারি—প্রতিবারে তাসখানিতে ১০০টী আঘাত হইবে। সুতরাং এক সেকেণ্ডে তাসখানিতে সর্ব্বশুদ্ধ ১০০ × ১০০ = ১০,০০০ বার আঘাত লাগিবে। এই ১০,০০০ আঘাত এক সেকেণ্ডের মধ্যে আমাদের কর্ণে লাগিলে অত্যন্ত চড়া সুর বোধ হইবে।

কত আঘাতে কোন্ সুর হয়, তাহা বলিয়া দিবার জন্য এই যন্ত্রে একটা ব্যবস্থা আছে। ঘড়িব উপরে যে একখানি চিত্রিত চাক্তি থাকে তাহাকে ডায়াল বলে,—এই ডায়ালের উপব কাটা ঘুবিয়া সময় বলিয়া দেয়,—এইরূপ একখানি ডায়াল খ চক্রের গায়ে লাগান আছে (২:শ চিত্রে যন্ত্রটীর নিম্নে ঐরূপ ডায়ালের একটী প্রতিরূপ দেওয়া হইয়াছে)। তাসখানিতে কতবার আঘাত হয, তাহা এই ডায়াল হইতে জানা যায়। কোন ব্যক্তি তোমাকে একটা সুব শুনাইয়া যদি জিজ্ঞাসা করে যে কত আঘাতে এই সুর হয, তাহা হইলে তুমি এই যন্ত্রেব হাতল ধরিয়া ক্রমশঃ দ্রুতভাবে ঘুরাইয়া যখন তাস হইতে ঠিক ঐরূপ সুর বাহির করিতে পারিবে, তখন ঘড়ি ধরিয়া এক মিনিট কি তদপেক্ষা অধিকক্ষণ হাতল ঘুরাইয়া ঠিক্ ঐরূপ সুর বাহির করিতে থাকিবে। অপর দিকে আর এক ব্যক্তি ঐ ডায়ালের উপর নজর রাখিবেন। পরীক্ষার প্রারম্ভে ও শেষে ডায়ালের কাঁটাটী কোন ঘরে থাকে, তাহা জানিলেই পরীক্ষাকালে তাসখানি কতবার আঘাত পাইয়াছে তাহা জানা যায়। যদি ঠিক্ এক মিনিট ধরিয়া পরীক্ষা হয় এবং পরীক্ষান্তে দেখা যায় যে, তাসখানি ৬০,০০০ বার আঘাত পাইয়াছে, তাহা হইলে বুঝিতে হইবে যে, প্রতি সেকেণ্ডে ১,০০০ বার আঘাত হই-

আছে সুতরাং তুমি তোমার প্রশ্নকর্ত্তাকে উত্তর দিবে যে, এক সেকেণ্ডে ১,০০০ বার আঘাত করিলে যে স্বর হয়, আপনি সেই স্বর দিয়াছেন।

পঞ্চম অধ্যায়।

প্রথম পরিচ্ছেদ।

তাপ। (প্রথম প্রস্তাব)

১০৩। তাপের প্রকৃতি।—গতিশীল পদার্থের কার্য্যকরী শক্তি আছে এবং কম্পমান পদার্থেরও কার্য্যকরী শক্তি আছে। কিন্তু কম্পমান পদার্থ স্থানচ্যুত না হইয়া স্বস্থানে স্থির থাকে, অথচ তাহার অণুগুলি ক্রমান্বয়ে সম্মুখ ও পশ্চাদ্দিকে দুলিতে থাকে।

তাপ কি? একটী লৌহের গোলা এমন উত্তপ্ত কর যে লালবর্ণ হইয়া উঠে। এই উত্তপ্ত অবস্থায় লৌহের গোলাটী তুলাদণ্ডে ওজন কর। তাপ বলিয়া যদি কোন পদার্থ গোলাটীর মধ্যে প্রবেশ করিয়া উহাকে উত্তপ্ত করিয়া থাকে, তাহা হইলে এই উত্তপ্ত অবস্থায় গোলাটীর যত ভার হইল, শীতল হইলে অবশ্যই তদপেক্ষা কম হইবে। কিন্তু যতই সূক্ষ্মরূপে পরীক্ষা কর, উত্তপ্ত গোলা শীতল হইলে যে লঘু হয় তাহা কিছুতেই প্রমাণিত হইবে না।

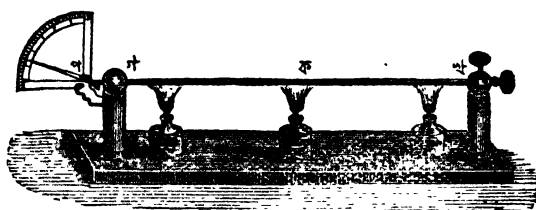
মনে কর, তুমি একটী অতি সূক্ষ্ম তুলাদণ্ডের একটী পাল্লায় বসিয়া ওজন হইলে। এই সময় যদি তোমার কাণে একটু জল ঢুকে, তাহা হইলে অবশ্যই তোমার ভার একটু বাড়িবে। কিন্তু মনে কর, জল না ঢুকিয়া একটী শব্দ ঢুকিল। কৈ, শব্দ ঢুকিলে ত তোমার ভার একটুও বাড়ে না? শব্দ কর্ণে প্রবেশ করিয়া কর্ণপটহকে আঘাত করিয়া কম্পিত করে, তাহাতেই তুমি শব্দ শুনিতে পাও; কিন্তু তাহাতে তোমার ভার বাড়ে না। তবেই, কর্ণে জল ঢুকিলে একটী পৃথক্ **পদার্থ** তোমার শরীরে প্রবেশ করে বলিয়া ভার বৃদ্ধি হয়; কিন্তু শব্দ ঢুকিলে কোন পৃথক্ পদার্থ প্রবেশ করে না, কেবল এক প্রকার **দোলায়মান গতি** প্রবেশ করে, সুতরাং ভার বৃদ্ধি হয় না। তাপপ্রাপ্ত পদার্থেও কি এইরূপ কিছু ঘটিতে পারে না? ওজন করিয়া দেখা গিয়াছে যে, পদার্থের মধ্যে তাপ প্রবেশ করিলে উহার ভার অণুমাত্র বৃদ্ধি হয় না; তবে কি আমরা এমন ভাবিতে পারি না যে, পদার্থের মধ্যে তাপ প্রবেশ করিলে কোন প্রকার দোলায়মান গতি প্রবেশ করে? বাস্তবিক, তাপ যে এক প্রকার দোলায়মান গতি তাহা ভাবিবার বিশেষ কারণ আছে। কোন পদার্থ তাপপ্রাপ্ত হইলে উহার অতি সূক্ষ্ম অণুগুলি স্বস্থানে ঘুরিতে থাকে অথবা সম্মুখ ও পশ্চাদ্দিকে দুলিতে থাকে। কিন্তু এই অণুগুলি এত সূক্ষ্ম এবং উহাদের ঘূর্ণায়মান কি দোলায়মান গতি এত দ্রুত হয় যে, পদার্থটীর মধ্যে কি ঘটিতেছে, তাহা চক্ষুতে দেখা যায় না।

এখন প্রশ্ন হইতে পারে যে, যদি কোন পদার্থ তাপ প্রাপ্ত হইলে উহার অণুগুলি অত্যন্ত দ্রুত কাঁপিতে থাকে, তবে উহা

হইতে শব্দ নির্গত হয় না কেন? কম্পমান পদার্থ যেমন চতুঃ-পার্শ্বস্থ বায়ুতে আঘাত করে, তাপপ্রাপ্ত পদার্থের কম্পমান অণুগুলি বায়ুতে সেইরূপ আঘাত করে না কেন? ইহার উত্তর এই যে, বৈজ্ঞানিক পণ্ডিতেরা যে ইথার নামক একরূপ পদার্থ জগন্ময় ব্যাপিয়া আছে বলিয়া অনুমান করেন, সেই ইথার-পদার্থে তাপপ্রাপ্ত পদার্থের কম্পমান অণুগুলি অনবরত আঘাত করিতে থাকে; সে আঘাত এরূপ যে কর্ণে লাগে না, কিন্তু **চর্ম্মে** ও **চক্ষুতে** লাগে। চর্ম্মে লাগিলে **তাপ** এবং চক্ষুতে লাগিলে **আলোকের** অনুভব হয়। যখন তাপপ্রাপ্ত পদার্থের অণু সকলের কম্পন তত অধিক হয় না, তখন ইথার সেই কম্পনের আঘাত বহন করিয়া কেবল চর্ম্মে দেয়; কিন্তু যখন ঐ কম্পন অত্যন্ত অধিক হয়, তখন তাহার আঘাত চর্ম্ম এবং চক্ষু উভয়েতেই লাগে। একটী শব্দায়মান বস্তু ও একটী তাপপ্রাপ্ত বস্তু, এতদুভয়ের মধ্যে কত সাদৃশ্য তাহা দেখা গেল। উভয় পদার্থেরই অণুগুলি অত্যন্ত দ্রুত কাঁপিতে থাকে; শব্দায়-মান পদার্থের অণু চতুর্দ্দিকস্থ বায়ুতে আঘাত করে এবং বায়ু সেই আঘাত বহিয়া কর্ণে লইয়া যায়, তাপপ্রাপ্ত পদার্থের অণু চতুর্দ্দিকস্থ ইথারে আঘাত করে এবং ইথার সেই আঘাত বহিয়া চর্ম্ম এবং চক্ষুতে লইয়া যায়। সুতরাং শব্দায়মান পদার্থ সম্বন্ধে পরীক্ষা করিবার সময় আমরা যেমন কর্ণ ব্যবহার করিয়াছি, তেমনই তাপপ্রাপ্ত পদার্থ সম্বন্ধে পরীক্ষা করিবার সময় আমরা চর্ম্ম ও চক্ষু ব্যবহার করিব।

১০৪। তাপে পদার্থ প্রসারিত হয়।—যখন কোন পদার্থ তাপপ্রাপ্ত হয়, তখন উহা চারিদিকে প্রসারিত হইতে

থাকে। ইহা প্রমাণ করিবার জন্য আমরা একটী কঠিন, একটী দ্রব এবং একটী বায়বীয় পদার্থ উত্তপ্ত করিব।

২২শ চিত্রে একটী লম্বা লৌহদণ্ড খ প্রান্তে স্ক্রু দ্বারা দৃঢ়রূপে আবদ্ধ রহিয়াছে, গ প্রান্তে আবদ্ধ নহে। দণ্ডটী যদি কোন কারণে বাড়ে, তাহা হইলে গর দিকে বাড়িতে কোন বাধা নাই। কিন্তু গর দিকে অণুমাত্র বাড়িলে দণ্ডটী প প্রদর্শকের উপর গিয়া পড়িবে, সুতরাং দণ্ডটী যতই বাড়িবে প প্রদর্শক উহার

২২শ চিত্র।

চাপে ততই উপর দিকে উঠিবে। এই লৌহদণ্ডের নিম্নে দুই তিনটী জলন্ত প্রদীপ রাখ। প্রদীপের উত্তাপে দণ্ডটী যতই প্রসারিত হইবে, প প্রদর্শকটী ততই উপরে উঠিতে থাকিবে। যদি প্রদীপগুলি সরাইয়া লও, দণ্ডটী শীতল হইতে থাকিবে; এবং কয়েক মিনিটের মধ্যেই প্রদর্শকটী পূর্ব্ব স্থানে পড়িয়া যাইবে।

তলদেশে একটী গোলাকার কুণ্ডবিশিষ্ট কাচনলের ভিতর জল ঢালিয়া কুণ্ডটী মাত্র পূর্ণ কর। কুণ্ডের নিম্নে তাপ দিলেই কুণ্ড ছাপাইয়া জল নলের মধ্যে প্রবেশ করিবে। এই পরীক্ষাতে কাচকুণ্ড ও জল উভয়ই প্রসারিত হয় বটে, কিন্তু জল অপেক্ষা

কুণ্ডের বৃদ্ধি অনেক অল্প হয় বলিয়া দেখা যায় না। জল এত জোরে বাড়িতে থাকে যে, কুণ্ডের মুখে নলটী না থাকিলে কুণ্ডটী ভাঙ্গিয়া ফেলিত।

যদি একটী রবারের ছোট থলির মধ্যে তিনের দুই ভাগ বায়ু পূরিয়া অগ্নির উপর ধরিয়া চারিদিক্ ঘূরাইতে থাক, তাহা হইলে অতি অল্প সময়ের মধ্যেই বায়ু প্রসারিত হইয়া থলিটী ফুলাইয়া তুলিবে।

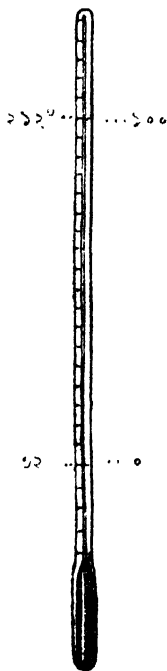
১০৫। **তাপমান যন্ত্র।**—তাপপ্রাপ্ত হইলে কি কঠিন কি দ্রব, কি বায়বীয় সকল প্রকার দ্রব্যই প্রসারিত হয়। ২৩শ চিত্রে যে লম্বা কুণ্ড-বিশিষ্ট কাচনল দেখা যাইতেছে, উহার মধ্যে পারদ দিয়া তাপ প্রদান করিলে পারদ প্রসারিত হইয়া কুণ্ড ছাপাইয়া নলের মধ্যে উঠিবে। এস্থলে কুণ্ড এবং পারদ উভয়ই প্রসারিত হয়। যদি কুণ্ড এবং পারদ সমান পরিমাণ বাড়িত, তাহা হইলে পারদ যত বাড়িত, কুণ্ডও তত বাড়িত; সুতরাং পারদ কুণ্ডকে ছাপাইতে পারিত না। কিন্তু প্রকৃত পক্ষে পারদ কুণ্ড অপেক্ষা অনেক অধিক বাড়ে, সুতরাং পারদ কুণ্ডকে ছাপাইয়া নলের মধ্যে স্থান করিয়া লয়। নলের ছিদ্র অতি সূক্ষ্ম, সুতরাং পারদ অতি অল্প বাড়িলেই ছিদ্রের মধ্যে অনেক দূর উঠে, এবং বেশ দেখিতে পাওয়া যায়। নলের অন্তর্গত পারদ এত অল্প তাপে প্রসারিত হয় এবং এত অল্প শৈত্যে সঙ্কুচিত হয় যে, হাতের গরম পাইলেই উহা ছিদ্রের মধ্যে দ্রুত উঠিয়া পড়ে এবং শীতল বায়ু একটু লাগিলেই নামিয়া পড়ে। কোন বস্তু অপর বস্তু অপেক্ষা উষ্ণ অথবা শীতল, তাহা আমরা স্পর্শ করিয়া তত স্পষ্ট বুঝিতে নাও পারি, কিন্তু এইরূপ যন্ত্র

দ্বারা অতি সহজেই বেশ স্পষ্টরূপে বুঝিতে পারি। মনে কর, একটী জলপূর্ণ কটাহে এই যন্ত্র কয়েক মিনিট রাখিলে নলের মধ্যে যতদূর পারদ উঠিল, সেইখানে একটী দাগ দিলাম। আর একটী কটাহে যন্ত্রটী দিলাম। যদি এই কটাহের জল প্রথম কটাহের জল অপেক্ষা গরম হয়, তাহা হইলে পারদ পূর্ব্বকৃত দাগের উপরে উঠিবে; কিন্তু যদি শীতল হয়, তাহা হইলে দাগের নিম্নে নামিয়া পড়িবে। সুতরাং নলের অভ্যন্তরে পারদের উচ্চতার হ্রাস বৃদ্ধি দেখিলে কোন কটাহের জল গরম এবং কোন্ কটাহের জল ঠাণ্ডা, তাহা আমরা অনায়াসে বলিতে পারি। এই যন্ত্রকে তাপমান কহে।

১০৬। **কিরূপে তাপমান প্রস্তুত করে?**—কাচের কারিকর দ্বারা এমন একটী কাচনল প্রস্তুত করিয়া লও যে, উহার এক মুখে একটী গোল অথবা লম্বা কুণ্ড থাকে, নলের ভিতরের ছিদ্র নিতান্ত সূক্ষ্ম হয়, এবং মুখ খোলা থাকে। কুণ্ডের তলায় উত্তাপ দিলে কুণ্ড ও নলের মধ্যে যে বায়ু আছে, তাহা গরম হইয়া প্রসারিত হইবে, এবং কিয়দংশ বাহির হইয়া যাইবে। এই গরম অবস্থায় নলটী উপুড় করিয়া কোন পাত্রস্থ পারদে ডুবাইলে কিঞ্চিৎ পারদ নলের মধ্যে উঠিয়া পড়িবে; কারণ কিয়দংশ বায়ু বাহির হওয়াতে যখন কুণ্ডস্থ বায়ু শীতল হইবে, তখন কুণ্ডের ভিতর কিঞ্চিৎ স্থান শূন্য হইয়া পড়িবে। পাত্রস্থ পারদ এই শূন্য স্থান অধিকার করিবার জন্য অবশ্যই কুণ্ডের মধ্যে প্রবেশ করিবে। কিন্তু এখনও কুণ্ড এবং নলের মধ্যে কিয়ৎপরিমাণ বায়ু রহিল। এখন একটী প্রদীপের শিখার উপরে কুণ্ড ও নল সমস্ত গরম করিতে থাক; পারদ

শীঘ্রই ফুটিয়া উঠিবে। তখন পারদের বাষ্প সমস্ত বায়ু তাড়াইয়া দিয়া কুণ্ড এবং নলের ভিতর সমস্ত স্থান অধিকার করিয়া ফেলিবে। এই সময় নলের খোলা মুখটী আবার কোন পাত্রস্থ পারদে ডুবাইলে পারদবাষ্প শীতল হইয়া সঙ্কুচিত হইবে এবং পাত্রস্থ পারদ কুণ্ড ও নলের অন্তর্গত শূন্য স্থান অধিকার করিয়া লইবে। এখন কুণ্ড এবং নল পারদে পূর্ণ হইল। ভিতরের পারদ গরম থাকিতে থাকিতে নলের মুখ গলাইয়া বন্ধ করিয়া ফেলিলেই নলের মধ্যে বায়ু আর প্রবেশ করিতে পারিবে না।

এখন একটী বাক্সে বরফের গুঁড়া পূরিয়া এই পারদপূর্ণ নলটী তন্মধ্যে বসাও। যখন বাক্সের বরফ গলিতে আরম্ভ করিবে, ঠিক্ সেই সময় নলের মধ্যে পারদ যেখানে নামিয়া পড়িবে সেইখানে একটী দাগ দিয়া রাখ। বরফ যখন গলিতে আরম্ভ করে তখন যেরূপ শীতল থাকে, কোন পদার্থ সেইরূপ শীতল হইলে তাহার মধ্যে নলটী বসাইয়া দিলে পারদ ঠিক্ ঐ দাগ পর্য্যন্ত নামিবে; তদূর্দ্ধেও উঠিবে না, তন্নিম্নেও নামিবে না। আবার একটী কটাহে জল গরম করিয়া যখন জল ফুটিতে থাকিবে, তখন সেই ফুটন্ত জলে পারদপূর্ণ নলটী ডুবাইয়া দাও। এই সময় পারদ যতদূর উঠিল, ঠিক্ সেইখানে একটী দাগ দাও। যে কোন পদার্থ ফুটন্ত জলের সমান গরম হইবে, তাহাতে নলটী নিমগ্ন করিলেই পারদ এই দাগ পর্য্যন্ত উঠিবে, ইহার উপরেও উঠিবে না, নিম্নেও নামিবে না। এখন নলটীর গাত্রে দুইটী দাগ পাওয়া গেল। দ্রবমান বরফে ডুবাইয়া যে দাগ দিয়াছ, তাহার নাম **দ্রবণাঙ্ক**; আর ফুটন্ত জলে ডুবাইয়া যে দাগ দিয়াছ, তাহার নাম **স্ফুটনাঙ্ক**। দ্রবণাঙ্কে যেমন বরফ গলিয়া জল হয়,

তেমনই জল জমিয়া বরফ হয়, এই জন্য উহাকে দ্রবণাঙ্ক ব্যতীত **সঙ্ঘাতাঙ্ক** অথবা **সান্দ্রায়নাঙ্ক** বলা যাইতে পারে। এই দুই দাগের অন্তর্গত ভাগকে ১০০ সমানভাগে বিভক্ত করিয়া দাগ দিলে এক এক দাগ এক এক ডিগ্রি অর্থাৎ তাপাংশ হইবে। সর্ব্বনিম্ন দাগটীকে ০ তাপাংশ এবং সর্ব্বোচ্চ দাগটীকে ১০০ তাপাংশ কহে। এই এক শত ভাগে বিভক্ত তাপমান যন্ত্রকে (Centigrade—সেণ্টিগ্রেড) শতাংশিক তাপমান বলে। বৈজ্ঞানিক পরীক্ষাতে এইরূপ তাপমানের অধিক ব্যবহার। তাপাংশ লিখিতে হইলে, ০°, ৪২°, ১০০°, ৩১২°—এইরূপ লিখিতে হয়। কোন পদার্থের যত তাপাংশ তাহার সংখ্যার উপর একটী ক্ষুদ্র (০) শূন্য বসাইতে হয়। যদি ০° তাপাংশের নিম্নে কোন তাপাংশ লিখিতে হয়, তাহা হইলে-১°,-১৩°,-৫২° এইরূপ লিখিতে হয়, অর্থাৎ শূন্যের নিম্নে যত তাপাংশ নামিবে সেই সংখ্যার পিছনে একটী (-) ঋণের চিহ্ন দিতে হয়। বিলাতে ও আমাদের দেশে সচরাচর যে তাপমান ব্যবহৃত হয় তাহার দ্রবণাঙ্ক—৩২° এবং স্ফুটনাঙ্ক—২১২°। সুতরাং এই দুই চিহ্নের মধ্যভাগ ১৮০ ভাগে বিভক্ত হইয়াছে। ইহাকে (Fahrenheit—ফারেনহীট) তাপমান বলে। ২৩শ

২৩শ চিত্র।

চিত্রে একটী ফারেনহীট তাপমান অঙ্কিত হইয়াছে। দক্ষিণ দিকে সেণ্টিগ্রেড ও বামদিকে ফারেনহীট তাপমানের দ্রবণাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক প্রদর্শিত হইয়াছে। ফারেনহীট তাপমানে সুস্থ মনুষ্যের রক্তের তাপ ৯৮·৪°। জ্বর হইলে রক্তের তাপ বাড়ে; সাধারণ জ্বরে তাপ ১০৩°।১০৪° হয়, প্রবল হইলে ১০৬° ডিগ্রির উপরেও উঠে। আজি কালি ডাক্তার মাত্রই ফারেনহীট তাপমান দিয়া জ্বরের পরিমাণ নিরূপণ করেন। আমাদের দেশে শীতকালে বায়ু প্রায় ৭০° উষ্ণ থাকে, গ্রীষ্মকালে কখন কখন ৯২°।৯৬° হয়।

১০৭। কতকগুলি কঠিন পদার্থের পরিমাণ সম্বন্ধে একটী তালিকা।—পূর্ব্বে যে প্রণালীতে কঠিন পদার্থের প্রসারণ প্রমাণিত হইয়াছে, সেই প্রণালীতে কাচ অথবা ধাতুনির্ম্মিত দণ্ড ০ হইতে ১০০° তাপাংশ পর্য্যন্ত কতটুকু পরিমাণ প্রসারিত হয়, তাহা নিরূপিত হইয়াছে।

			১০০,০০০ ইঞ্চ লম্বা একটী দণ্ড দ্রবণাঙ্ক হইতে স্ফুটনাঙ্ক পর্য্যন্ত যে পরিমাণ প্রসারিত হয়।
কাচ	...	...	৮৫ ইঞ্চ
তাম্র	...	..	১৭১ ”
পিত্তল	...	...	১৮৮ ”
কোমল লৌহ	...	...	১২০ ”
ঢালা লৌহ	...	...	১০৯ ”
ইস্পাত	...	...	১১৪ ”
সীসা	...	...	২৮২ ”

টিন	...	...	১৯৬ ইঞ্চ
রৌপ্য	...	...	১৯২ "
স্বর্ণ	...	...	১৪৪ "
প্লাটিনম্	...	...	৮৭ "
দস্তা	...	...	২৯৮ "

১০৮। দ্রব পদার্থের প্রসারণ সম্বন্ধে নিয়ম।—দ্রব পদার্থে দণ্ড নির্ম্মিত হইতে পারে না, সুতরাং দ্রবণাঙ্কের ১০০,০০০ সেরে স্ফুটনাঙ্কে কত সের বাড়ে তাহাই নিরূপণ করা যাইতে পারে। পারদ ১,৮১৫ সের, জল ৪,৩১৫ সের বাড়ে।

পরীক্ষা দ্বারা নিরূপিত হইয়াছে যে, **সমপরিমাণ তাপ বৃদ্ধিতে কঠিন অপেক্ষা দ্রব পদার্থ অধিক প্রসারিত হয়, এবং দ্রব পদার্থ নিম্ন তাপাংশ অপেক্ষা উচ্চ তাপাংশে অধিকতর শীঘ্র প্রসারিত হয়।**

১০৯। বায়বীয় পদার্থের প্রসারণ সম্বন্ধে নিয়ম।—বায়বীয় পদার্থ তাপ পাইলে অত্যন্ত অধিক প্রসারিত হয়; কিন্তু একটা কথা স্মরণ রাখিতে হইবে যে, তাপ ব্যতিরিক্ত অপর কারণেও বায়বীয় পদার্থ প্রসারিত হয়। পূর্ব্বে দেখা গিয়াছে যে, একটী বৃহৎ বায়ুপূর্ণ পাত্রের মধ্যে একটী রবারের থলি রাখিয়া বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্র দ্বারা বৃহৎ পাত্রের বায়ু বাহির করিতে থাকিলে রবারের থলি ফুলিতে থাকে; বায়ুর চাপ কমিয়া যাওয়াতেই এরূপ ফুলে। সুতরাং কোন বায়বীয় পদার্থ তাপ পাইলে কত প্রসারিত হয়, তাহা স্থির করিতে হইলে পরীক্ষাকালে বায়ুর চাপের কোন পরিবর্ত্তন না হয়

তৎপক্ষে সাবধান হওয়া আবশ্যক। এরূপ পরীক্ষা খোলা বাতাসে করাই ভাল, কারণ বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রায়ই সমান থাকে। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে, যদি একটী থলের ভিতর কিছু বায়ু পূরিলে দ্রবণাঙ্কে ১,০০০ ঘন ইঞ্চ আয়তন হয়, তাহা হইলে স্ফুটনাঙ্কে উহা ফুলিয়া ১,৩৬৭ ঘন ইঞ্চ হইবে। যখন থলেটীর ১,০০০ ঘন ইঞ্চ আয়তন, তখন যদি কোন পাত্রে বরফের ন্যায় শীতল জলে উহা ডুবান যায়, তাহা হইলে পাত্রের মধ্যে ১,০০০ ঘন ইঞ্চ পরিমাণ স্থান ব্যাপিয়া জল ফাঁপিয়া উঠিবে; কিন্তু যদি পাত্রে শীতল জলের পরিবর্ত্তে ফুটন্ত জল থাকে এবং তাহার মধ্যে ঐ ১,০০০ ঘন ইঞ্চ আয়তনের থলেটী ডুবান হয়, তাহা হইলে ১,৩৬৭ ঘন ইঞ্চ স্থান ব্যাপিয়া জল ফাঁপিয়া উঠিবে।

তাপ পাইলে প্রায় সর্ব্বপ্রকার বায়বীয় পদার্থ একই পরিমাণ বাড়ে।

১১০। তাপের প্রসারণী শক্তির কয়েকটী দৃষ্টান্ত।— দ্রব এবং কঠিন পদার্থ অত্যন্ত জোরে প্রসারিত হয়। একটী ফাঁপা লৌহ গোলকের ভিতর জল পূরিয়া স্ক্রু দিয়া আঁটিয়া উত্তপ্ত কর; জলের প্রসারণী শক্তিতে গোলকটী ভাঙ্গিয়া যাইবে।

লৌহনির্ম্মিত সেতু প্রভৃতিতে লৌহের বাড়িবার স্থান রাখা নিতান্ত আবশ্যক; নতুবা গ্রীষ্মকালে যখন লৌহ বাড়িতে থাকিবে, তখন লৌহের প্রসারণী শক্তিতে সেতু ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে।

পদার্থ সকল তাপ প্রাপ্ত হইলে প্রসারিত হয় এবং শীতল হইলে সঙ্কুচিত হয়, এই উপায়েই গাড়ির চাকায় লৌহের বেড় পরান হয়। লৌহের বেড় খানি খুব উত্তপ্ত করিলে প্রসারিত

হইয়া চক্রের চারিদিকে সহজেই লাগে। যদি তাহার পর বেড় খানি হঠাৎ শীতল করিয়া ফেলা যায়, তাহা হইলে উহা সঙ্কুচিত হইয়া চক্রের গায়ে আটিয়া বসে।

১১১। আপেক্ষিক তাপ।—এক ডিগ্রি তাপ বাড়াইতে কোন পদার্থে অধিক তাপ লাগে, কোন পদার্থে অল্প তাপ লাগে। **কোন পদার্থ এক সের পরিমাণ লইয়া উহার তাপ এক ডিগ্রি বাড়াইতে যত তাপ লাগে, সেই তাহার আপেক্ষিক তাপ।** জলের আপেক্ষিক তাপ অত্যন্ত অধিক, অর্থাৎ এক সের জলের তাপ এক ডিগ্রি বাড়াইতে যত তাপ আবশ্যক, জগতের প্রায় অপর কোন পদার্থের পক্ষে তত তাপ আবশ্যক হয় না। এক সের জলের এক ডিগ্রি তাপ বাড়াইতে যত তাপ লাগে, তাহাতে ৯ সের লৌহ, ১১ সের দস্তা অথবা ৩০ সের পারদ কিংবা স্বর্ণের এক ডিগ্রি তাপ বাড়িতে পারে।

জলের আপেক্ষিক তাপ কত অধিক, তাহা বুঝাইবার জন্য এই পরীক্ষাটী করা যাইতেছে।—দুই সের পারদ স্ফুটনাঙ্ক পর্য্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া সাধারণ তাপের এক সের জলের সহিত মিশ্রিত কর। এই মিশ্রিত পদার্থে একটী তাপমান দিলে দেখিতে পাইবে যে, মিশ্রণের পূর্ব্বে জলের যত তাপ ছিল, মিশ্রণের পরে তাহার উপর পাঁচ ডিগ্রি মাত্র বাড়িয়াছে।

১১২। তাপে পদার্থের অবস্থা পরিবর্ত্তিত হয়।—পদার্থের তিন অবস্থা—কঠিন, দ্রব ও বায়বীয়। পদার্থ সকল উত্তপ্ত হইলে কঠিন হইতে দ্রব এবং দ্রব হইতে বায়বীয়

অবস্থায় পরিণত হয়। বরফ, জল ও জলীয় বাষ্প তিনটীই একই পদার্থ; কেবল বরফ উষ্ণ হইয়া জল হয়, এবং জল উষ্ণ হইয়া বাষ্প হয়। অপরাপর পদার্থের ঠিক্ এইরূপ পরিবর্ত্তন হয়। এক খণ্ড দস্তা লইয়া তাপ দিতে থাক, ক্রমশঃ গলিয়া দ্রব হইবে; আরও উত্তাপ দিলে বাষ্পাকারে উড়িয়া যাইবে। লৌহ, ইস্পাত প্রভৃতির ন্যায় অতি কঠিন পদার্থও গলাইয়া পরিশেষে বাষ্পাকারে পরিণত করা যায়। তড়িৎ নামে যে অদ্ভুত শক্তি আছে তাহা যাবতীয় পদার্থকেই এত অধিক উত্তপ্ত করিতে পারে যে, সম্ভবতঃ পৃথিবীর সমস্ত পদার্থই সে উৎকট উত্তাপে বায়বীয় অবস্থায় পরিণত হইতে পারে।

আবার, অপর দিকে পদার্থের তাপ কমাইলে ক্রমশঃ বায়বীয় হইতে দ্রব এবং দ্রব হইতে কঠিন হয়। কিন্তু আমরা পৃথিবীর সকল পদার্থকেই যে, তত শীতল করিতে পারি, তাহা নহে। খাঁটি সুরাসারকে অদ্যাপি কঠিন অবস্থায় আনিতে পারা যায় নাই। ইহার কারণ আর কিছুই নহে—সুরাসার যত শৈত্যে জমিয়া কঠিন হইতে পারে, আমরা তত শৈত্য উৎপাদন করিতে অদ্যাপি কোন উপায় পাই নাই। বায়ুকে এতকাল কেহ দ্রব করিতে পারে নাই, কিন্তু সংপ্রতি প্রভূত চাপ ও শৈত্যের উপায়ে উহাকে দ্রব করা গিয়াছে। তাপের হ্রাস ব্যতিরিক্ত শৈত্যের অন্য কোন অর্থ নাই। কোন পদার্থের তাপ অল্প হইলে শীতল বলে; তাপ আরও কমিলে আরও শীতল বলে। কিন্তু কোন পদার্থ যতই শীতল হউক না, তাহাতে কিছু তাপ থাকিবেই। স্পর্শজ্ঞান দ্বারা এবিষয়ে বিচার করিলে চলিবে না। তাপমান দ্বারা পরীক্ষা করিয়া

সমান তাপের দুইটী বস্তু স্পর্শ কর; হয়ত, একটী অপরটী অপেক্ষা শীতল বোধ হইবে। তোমার এক হস্ত শীতল জলে ও অপর হস্ত উষ্ণ জলে কিয়ৎক্ষণ রাখিয়া, দুই হস্ত একেবারে সাধারণ তাপের জলে ডুবাও; দেখিবে, এই একই জল এক হস্তে শীতল ও অপর হস্তে উষ্ণ বোধ হইবে। সুতরাং তাপমান ব্যতীত বস্তু সকলের তাপ বিচার করিতে গেলে ভ্রম হইবার সম্ভাবনা। আর ইহাও স্মরণ রাখা আবশ্যক যে, **শৈত্য কোন পৃথক্ শক্তি নহে, তাপের হ্রাসই শৈত্য।**

যদি অত্যধিক পরিমাণ তাপ হরণ করিতে পারা যায়, তাহা হইলে সম্ভবতঃ সমস্ত পদার্থই কঠিন হইতে পারে; আর যদি অত্যধিক পরিমাণ তাপ প্রয়োগ করা যায়, তাহা হইলে সম্ভবতঃ সমস্ত পদার্থই প্রথমতঃ দ্রব এবং পরিশেষে বায়বীয় অবস্থায় পরিণত হইতে পারে। কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের পক্ষে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ তাপ হ্রাস ও বৃদ্ধি করিতে হয়। বরফ অতি অল্প তাপেই সহজে গলে, টিন কিংবা সীসা দুই তিন শত ডিগ্রি উত্তপ্ত না হইলে গলে না; লৌহ গলাইতে সীসা অপেক্ষা অধিক উত্তাপ লাগে; তদপেক্ষাও অধিক উত্তাপ না হইলে প্লাটিনম্ গলে না। কোন পদার্থ যত ডিগ্রি উত্তাপ পাইলে দ্রব হয়, সেই ডিগ্রিকে ঐ পদার্থের **দ্রবণাঙ্ক** বলে।

নিম্নলিখিত তালিকাতে কতকগুলি নিত্য প্রয়োজনীয় পদার্থের দ্রবণাঙ্ক প্রদত্ত হইল।

বরফ	...	...	...	
টিন	...	...	...	২৩৫°
সীসা	...	...	...	৩২৫°

রৌপ্য	...	...	...	১,০০০°
স্বর্ণ	...	...	...	১,২৫০°
লৌহ	...	...	...	১,৫০০°

প্লাটিনম্ ও অঙ্গার কত ডিগ্রিতে গলে, তাহা অদ্যাপি নিরূপিত হয় নাই। অত্যন্ত উৎকট অগ্নিতেও অঙ্গার কঠিন অবস্থায় থাকে। কলিকাতা অঞ্চলে লোকে লৌহের শীক দিয়া চুল্লী প্রস্তুত করিয়া পাথুরিয়া কয়লাতে রন্ধনাদি করে। কয়লা পুড়িয়া শীকের মধ্য দিয়া চুল্লীর নিম্নে পড়িয়া যায়; চুল্লীতে যতই উৎকট উত্তাপ হউক না, শীকের মধ্য দিয়া কয়লা দ্রব হইয়া গলিয়া পড়িতে কেহ কখন দেখে নাই।

উত্তাপে সকল পদার্থের মধ্যে একই প্রকার পরিবর্ত্তন ঘটে; অর্থাৎ যদি আমরা অত্যন্ত নিম্ন তাপ পাইতে পারি, তাহা হইলে পৃথিবীস্থ সমস্ত পদার্থই বরফের ন্যায় কঠিন হয় এবং যদি আমরা অত্যন্ত উচ্চ তাপ পাইতে পারি, তাহা হইলে পৃথিবীস্থ সমস্ত পদার্থই জলীয় বাষ্পের ন্যায় বাষ্প হয়। প্রত্যুত, কঠিন দ্রব ও বায়বীয়—পদার্থের এই তিন অবস্থার মধ্যে যে পরিবর্ত্তন ঘটে, তাহা সকল পদার্থের পক্ষেই সমান।

১১৩। জলের প্রচ্ছন্ন তাপ।—খানিকটা বরফ গুঁড়া করিয়া তন্মধ্যে তাপমান দিয়া দেখা গেল, উহার তাপ ০° তাপাংশের কুড়ি ডিগ্রি নিম্নে। এখন এই বরফে তাপ প্রদান করিলে অপরাপর কঠিন পদার্থের ন্যায় উহার তাপ ক্রমশঃই উপরে উঠিবে; কিন্তু ০° ডিগ্রিতে আসিয়া পঁহুছিলে যতক্ষণ সমস্ত বরফ গলিয়া না যায়, ততক্ষণ যতই তাপ দাও, তাপ বৃদ্ধি হইবে না। যখন সমস্ত বরফ গলিয়া জল হইবে, তখন সে

জলেরও তাপ প্রথমতঃ ০° ডিগ্রি থাকিবে। -২০° হইতে ০ ডিগ্রিতে আসিয়া যতক্ষণ সমস্ত বরফ গলিয়া না গেল, ততক্ষণ খানিকটা তাপ বৃথা ব্যয় হইল বলিয়া মনে হইতে পারে। বাস্তবিক, সে তাপটুকু বৃথা ব্যয় হয় নাই। উহা **বরফকে গলাইতে** ব্যয় হইয়াছে। সুতরাং ০° ডিগ্রির জলে খানিকটা তাপ লুক্কায়িত থাকে। উহাকে **প্রচ্ছন্ন তাপ** বলে কারণ, তাপমানে এই তাপের পরিচয় পাওয়া যায় না।

একটী টিন পাত্রে কিছু বরফের গুঁড়া রাখিয়া প্রদীপে গরম করিতে থাক। যখন অতি অল্প ভাগ গলিতে বাকী থাকিবে, তখন যে বরফটুকু গলিয়াছে তাহার মধ্যে তাপমান দিলে দেখিতে পাইবে যে, গলিত ভাগ ও অগলিত ভাগ উভয়েরই তাপ ০° ডিগ্রি।

১১৪। **জলীয় বাষ্পের প্রচ্ছন্ন তাপ।**—আমরা বরফকে জলে পরিবর্ত্তিত করিয়াছি। এখন এই জলে আরও তাপ দিতে থাকিলে, অপরাপর পদার্থের ন্যায় উহার তাপ বৃদ্ধি হইয়া স্ফুটনাঙ্ক অর্থাৎ ১০০° ডিগ্রিতে উঠিবে। ১০০° ডিগ্রিতে পঁহুছিয়া জলের তাপ আর বাড়িবে না; তাপ বৃদ্ধি করিলে সেই অতিরিক্ত তাপ জলকে বাষ্পে পরিণত করিতেই ব্যয়িত হইবে। জল যখন বাষ্প হয়, তখন জলের তাপ ১০০° ডিগ্রি হয়; বাষ্পেরও তাপ প্রথমতঃ ১০০° ডিগ্রি থাকে। সুতরাং ১০০° ডিগ্রির জল ও ১০০° ডিগ্রির বাষ্পে প্রভেদ এই যে, ১০০° ডিগ্রির বাষ্পে অনেকটা তাপ লুক্কায়িত থাকে। সেই লুক্কায়িত তাপ ১০০° ডিগ্রির জলকে ১০০° ডিগ্রির বাষ্পে পরিণত করিতে ব্যয়িত হয়। এই তাপটুকুকে বাষ্পের **প্রচ্ছন্ন তাপ** বলে;

কারণ, এই তাপ তাপমানে ধরা পড়ে না। ০° ডিগ্রির বরফকে ০° ডিগ্রির জলে পরিণত করিতে যেমন অনেকটা তাপ আবশ্যক হয়, ১০০° ডিগ্রির জলকে ১০০° ডিগ্রির বাষ্পে পরিণত করিতেও তেমনই অনেকটা তাপের প্রয়োজন। একটী পাত্রে জল গরম করিতে থাক। যখন জল ফুটিতে থাকিবে, তখন তাপমান দ্বারা ঐ ফুটন্ত জল ও তদুপরিস্থ বাষ্প, এই উভয়ের তাপ পরীক্ষা করিলে দেখিতে পাইবে, উভয়েরই ঠিক্ ১০০° ডিগ্রি তাপ।

১১৫। জল এবং বাষ্পের প্রচ্ছন্ন তাপ কত?— জল ও বাষ্পের প্রচ্ছন্ন তাপের পরিমাণ নিরূপিত হইয়াছে। ০° ডিগ্রির এক সের বরফকে ০° ডিগ্রির এক সের জলে পরিণত করিতে যত তাপ লাগে, সেই তাপে ৭৯ সের জলের এক ডিগ্রি তাপ বৃদ্ধি হয়। সুতরাং জলের প্রচ্ছন্ন তাপ—৭৯। আবার ১০০° ডিগ্রির এক সের জলকে ১০০° ডিগ্রির এক সের বাষ্পে পরিণত করিতে যত তাপ লাগে, সেই তাপে ৫৩৭ সের জলের এক ডিগ্রি তাপ বাড়ান যায়। সুতরাং বাষ্পের প্রচ্ছন্ন তাপ—৫৩৭।

১১৬। প্রচ্ছন্ন তাপ থাকাতে কি সুবিধা হইয়াছে?— প্রচ্ছন্ন তাপের গুণে বরফ গলিতে সময় লাগে। নতুবা, যদি দ্রবণাঙ্কে উঠিবামাত্র বরফ একেবারে হঠাৎ গলিয়া জল হইত, তাহা হইলে পৃথিবীর অনেক দেশ বাসের অনুপযুক্ত হইয়া পড়িত। পর্ব্বতের উপর বরফ জমিয়া থাকে। যদি কোন দিন হঠাৎ সেই বরফরাশি সমস্ত গলিয়া নিম্নদিকে প্রবাহিত হইতে পারিত, তাহা হইলে কত কত দেশ একেবারে জলমগ্ন

হইয়া যাইত এবং সেই নিম্নগামী স্রোতের এতই প্রবল বেগ হইত যে, তাহার সম্মুখে কোন বস্তুই দাঁড়াইতে পারিত না। প্রচ্ছন্ন তাপের গুণে এই সকল বিপদ্ নিবারিত হইতেছে; পর্ব্বতের উপরিস্থ বরফরাশি ক্রমশঃ গলিতে থাকে এবং ক্রমে ক্রমে নদী দ্বারা সাগরাদিতে গিয়া পড়ে। আবার অপর দিকে দেখ, জল যদি একেবারে বাষ্পাকারে পরিণত হইতে পারিত, তাহা হইলে আধারপাত্র চূর্ণ বিচূর্ণ হইয়া যাইত, বাষ্পীয় যন্ত্র নির্ম্মিত হওয়া অসম্ভব হইত। প্রচ্ছন্ন তাপের গুণে জল বাষ্প হইতে অনেক বিলম্ব হয়।

১১৭। জল এবং জলীয় বাষ্প ভিন্ন অপর কোন পদার্থের প্রচ্ছন্ন তাপ আছে কি না?—বরফ গলিবার সময় যেমন খানিকটা তাপ অপহৃত হয়, অপর কোন কঠিন পদার্থ গলিয়া দ্রব হইবার সময়ও তেমনই খানিকটা তাপ অপ-হৃত হয়। আবার জল বাষ্প হইবার সময় যেমন খানিকটা তাপ প্রচ্ছন্ন হয়, অপর কোন পদার্থ বাষ্পাবস্থায় পরিণত হইবার সময়ও তেমনই খানিকটা তাপ লুক্কায়িত হয়।

১১৮। জলীয় বাষ্প কিরূপ পদার্থ?— জলীয় বাষ্প বায়ুর ন্যায় একটী বায়বীয় পদার্থ। প্রকৃত বাষ্প চক্ষুতে দেখা যায় না। যখন কোন চাদানিতে জল ফুটিতে থাকে, তখন নলের মুখের কাছে কিছুই দেখিতে পাওয়া যায় না; নলের আধ ইঞ্চ দূরে মেঘের মত কিছু দেখিতে পাওয়া যায়। যখন কোন রেলওয়ের এঞ্জিন হইতে বাষ্প উদ্গত হইতে থাকে, তখন চোঙের মুখের কাছে কিছুই দেখা যায় না, কিঞ্চিদ্দূরে মেঘের মত কিছু দেখা যায়। এই অদৃশ্য পদার্থই প্রকৃত বাষ্প;

আর মেঘের মত যাহা দেখা যায়, তাহা আর কিছুই নয়; কেবল ঐ বাষ্প শীতল হওয়াতে উহা জমিয়া জলকণা সকল মেঘের আকার ধারণ করিয়াছে। ঐ মেঘবৎ পদার্থ বাষ্প নয়, জল। বায়ু এবং অপরাপর বায়বীয় পদার্থের ন্যায় জলীয় বাষ্প সম্পূর্ণ অদৃশ্য।

১১৯। **বাষ্পনিঃসরণ ও স্ফুটন**।—জল ফুটিবার সময় বাষ্প উঠিতে থাকে। কিন্তু কেবল ফুটিবার সময়েই যে বাষ্প উঠে, অন্য সময়ে উঠে না, তাহা নহে। কোন জলপূর্ণ পাত্র আগুনের উপর বসাইলে ফুটিবার অগ্রেই জলের উপর হইতে বাষ্প উঠিতে থাকে। ভিজা লবণ আগুনের নিকট রাখিলে ক্রমশঃ শুকাইয়া যায়, ভিজা কাপড় রৌদ্র কি শুষ্ক বায়ুতে টাঙ্গাইয়া দিলে শুকাইয়া যায়; অর্থাৎ লবণ ও কাপড়ে যে জলটুকু থাকে, তাহা বাষ্পাকারে উড়িয়া যায়। যখন জল ফুটিতে থাকে, তখন উহা হইতে বাষ্প উঠিলে **স্ফুটন** অর্থাৎ **ফোটা** বলে। আর যখন জল ফুটে না, তখন তাহা হইতে বাষ্প উঠিতে থাকিলে **বাষ্পনিঃসরণ** বলে। স্ফুটন ও বাষ্পনিঃসরণের মধ্যে প্রভেদটুকু এই—কোন জলপূর্ণ পাত্র আগুণে চড়াইলে যতক্ষণ জলের তাপ ১০০° ডিগ্রি পর্য্যন্ত না উঠে, ততক্ষণ অগ্নির তাপ **দুইটী** কাজ করিতে থাকে—একটী জলকে উষ্ণ করা, অপরটী জলের কিয়দংশ বাষ্পে পরিণত করা। এ পর্য্যন্ত বাষ্পনিঃসরণ হইতেছে বটে, কিন্তু স্ফুটন আরম্ভ হয় নাই। কিন্তু যখন পাত্রস্থ জলের তাপ ১০০° ডিগ্রিতে উঠে, তখন অগ্নির তাপ কেবল **একটীমাত্র** কার্য্য করিতে থাকে—জলকে ১০০° ডিগ্রির উপরে উষ্ণ করিবার উপায় নাই, সুতরাং সে কার্য্য শেষ হইয়া গিয়াছে; এখন অগ্নির

সমস্ত তাপ কেবল জলকে বাষ্পে পরিণত করিবার কার্য্যেই ব্যাপৃত হয়। এই সময় স্ফুটন হইতে থাকে। বাষ্পনিঃসরণ ও স্ফুটনের মধ্যে আর একটী প্রভেদ আছে। যতক্ষণ জল ১০০° ডিগ্রিতে না উঠে ততক্ষণ পাত্রস্থ জলের **উপর হইতে ধীরে ধীরে** বাষ্প নিঃসৃত হয়, কিন্তু স্ফুটন আরম্ভ হইলে **তলদেশ হইতে উপর পর্য্যন্ত সমস্ত জল হইতে প্রবল বেগে** বাষ্প নিঃসৃত হইতে থাকে এবং তজ্জন্য জলের ভিতর চোঁ চোঁ শব্দ হইতে থাকে; বাষ্পের বুদ্ বুদ্ সকল নিম্ন হইতে উপর দিকে উঠিতে থাকে বলিয়া ঐরূপ শব্দ হয়।

অগ্নির উত্তাপ না দিলেও জল হইতে সর্ব্বদাই বাষ্প উঠিয়া থাকে। যে জল হইতে বাষ্প উঠে সেই জলের যত তাপ, তাহার বাষ্পেরও ঠিক্ তত তাপ। ৬০° তাপাংশের জলের বাষ্প ৬০° উষ্ণ, ১০° তাপাংশের জলের বাষ্প ১০° উষ্ণ, ০° তাপাংশের বরফের বাষ্প ০° উষ্ণ, -৫° তাপাংশের বরফের বাষ্প -৫° উষ্ণ। সুরাসার প্রভৃতি কতকগুলি দ্রব পদার্থ হইতে প্রবল বেগে বাষ্প উঠে।

বাষ্পনিঃসরণ কালে পদার্থের প্রমুক্ত পৃষ্ঠের অণুগুলিই বাষ্পাকার ধারণ করে। এই জন্য যে পাত্রের মুখ প্রশস্ত এবং মুক্ত, তাহাতে দ্রব পদার্থ রাখিলে অধিক পরিমাণে বাষ্প নিঃসরণ হয়; সংকীর্ণমুখ পাত্রে সেরূপ হয় না।

জলাশয়ের উপর বায়ু স্থির থাকিলে তত অধিক বাষ্প-নিঃসরণ হয় না। জল হইতে উদ্গত বাষ্প জলাশয়ের নিকটবর্ত্তী বায়ুভাগে ক্রমশঃ এত অধিক মাত্রায় সঞ্চিত হয় যে, ঐ বায়ু আর নূতন বাষ্প গ্রহণ করিতে পারে না।

কিন্তু বায়ু বেশ চলিতে থাকিলে বাষ্প সঞ্চিত হইতে পারে না, সুতরাং প্রতিক্ষণে নূতন বায়ুর সংস্পর্শে অধিক পরিমাণ বাষ্প নিঃসরণ হয়।

১২০। **স্ফুটনাঙ্ক চাপ-সাপেক্ষ।**—বরফ ঠিক্ ০° ডিগ্রিতে গলিয়া জল হয়, কিন্তু জল যে ঠিক্ ১০০° ডিগ্রিতে ফুটিয়া বাষ্প হইবে, তাহা নহে। স্ফুটনাঙ্ক বায়ুর চাপের উপর নির্ভর করে; বায়ুর চাপ কমিলে জল ১০০° ডিগ্রির নিম্নে ফুটিতে পারে। পর্ব্বতের নিম্নে বায়ুর চাপ যত, উপরে তদপেক্ষা কম। যদি কোন পর্ব্বত তিন মাইল উচ্চ হয়, তাহা হইলে উহার নিম্নে জল ১০০° ডিগ্রিতে ফুটিবে বটে, কিন্তু উপরে ৮৫° ডিগ্রিতে ফুটিবে। তিন মাইল উচ্চ পর্ব্বতের উপর কোন ব্যক্তি হংসডিম্ব সিদ্ধ করিতে চেষ্টা করিলে মহাবিভ্রাট ঘটে, কারণ ৮৫° ডিগ্রির তাপে হংসডিম্ব সিদ্ধ হয় না।

অত্যন্ত গভীর খনির মধ্যে বায়ুর চাপ অত্যন্ত অধিক। সুতরাং সেরূপ স্থানে জলের স্ফুটনাঙ্ক ১০০° ডিগ্রির অনেক উপরে।

একটী ফুঁকা শিশিতে খানিকটা জল দিয়া অগ্নির উত্তাপে ফুটাও। কিয়ৎক্ষণ ফুটিলে জলীয় বাষ্প অভ্যন্তরস্থ সমস্ত বায়ু তাড়াইয়া দিবে; সুতরাং শিশির ভিতর কেবল গরম জল ও তাহার উপরে জলীয় বাষ্প থাকিবে। এই সময় শিশির মুখ ছিপি দ্বারা শক্ত করিয়া বন্ধ করিয়া অগ্নি হইতে সরাইয়া লও। জলীয় বাষ্পের চাপে জল আর ফুটিতে পারিবে না। এই অবস্থায় শিশিটী শীতল জলে ডুবাইলে শিশির ভিতরে জল আবার ফুটিয়া উঠিবে। তাহার কারণ এই যে, শীতল জলের সংস্পর্শে শিশির

তাপ কমিয়া যায়; সেই সঙ্গে সঙ্গে ভিতরের জলীয় বাষ্পও শীতল হইয়া কিয়দংশ জলাকারে পরিণত হইয়া জলে মিশে। সুতরাং শিশির ভিতর জলীয় বাষ্প কমিয়া যাওয়াতে উহার চাপও কমিয়া যায়। ইহাতেই শিশির জল পুনরায় ফুটিয়া উঠে।

১২১। সকল কঠিন পদার্থ গলিবার সময় প্রসারিত হয় না।—কঠিন হইতে দ্রব অবস্থায় যাইবার সময় অর্থাৎ গলিবার সময় অনেক পদার্থ প্রসারিত হয় বটে, কিন্তু কতকগুলি সঙ্কুচিত হয়।

বরফ জলে ভাসে; অতএব বুঝা গেল যে, জল অপেক্ষা বরফ লঘু। সুতরাং বরফ যখন জল হয়, তখন উহার আয়তন কম হয়, এবং জল যখন বরফ হয় অর্থাৎ জমিয়া যায়, তখন উহার আয়তন বাড়ে। এই আয়তন বৃদ্ধির বল অত্যন্ত অধিক। খুব পুরু লৌহে নির্ম্মিত একটী বোতলে জল পূরিয়া ছিপি আঁটিয়া বরফের ভিতর রাখিলে বোতলের জল জমিয়া বরফ হইবার সময় উহার আয়তন বৃদ্ধি হয়; তখন বোতলের ভিতর বরফের স্থান কুলায় না বলিয়া বোতল ভাঙ্গিয়া যায়। ইস্পাত এবং সম্ভবতঃ ঢালা লৌহ উত্তাপে গলিবার সময় জলের ন্যায় সঙ্কুচিত হয়, সুতরাং গলিত হইতে কঠিন অবস্থায় আসিবার সময় উহারা বরফের ন্যায় প্রসারিত হয়। অত্যন্ত উত্তপ্ত এক খণ্ড ইস্পাতের পাত গলিত ইস্পাতের উপর অনায়াসে ভাসে এবং সম্ভবতঃ একখণ্ড ঢালা লৌহ অত্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া গলিত ঢালা লৌহের উপর দিলে ভাসিবে। কিন্তু স্বর্ণ, রৌপ্য কি তাম্র গলিবার সময় প্রসারিত হয়, এবং গলিত অবস্থা হইতে কঠিন

হইবার সময় সঙ্কুচিত হয়। এই জন্য এই সকল ধাতুতে ছাঁচে ঢালিয়া মুদ্রা প্রস্তুত করিবার উপায় নাই, ছাপিতে হয়।

দেখা গেল যে, কঠিন হইতে দ্রব এবং দ্রব হইতে কঠিন অবস্থায় যাইবার সময় কোন পদার্থ প্রসারিত এবং কোন পদার্থ সঙ্কুচিত হয়। কিন্তু বাষ্পীয় অবস্থায় যাইতে সকল পদার্থই অত্যন্ত প্রসারিত হয়। এক ঘন ইঞ্চ ফুটন্ত জল বাষ্প হইলে প্রায় ১,৭০০ ঘন ইঞ্চ হয়।

১২২। তাপ দিলে কোন কোন পদার্থ দ্রব না হইয়া একেবারে বাষ্প হইতে পারে, আবার কোন কোন পদার্থ আদৌ দ্রব বা বাষ্প হয় না। কর্পূর, আয়দিন প্রভৃতি কতকগুলি কঠিন পদার্থ তাপে দ্রব না হইয়া একেবারে বাষ্প হয়। কাগজ, কাষ্ঠ প্রভৃতি কতকগুলি পদার্থ কখনই দ্রব বা বাষ্প হয় না। উত্তাপ পাইলে এই সকল পদার্থের উপাদানগুলি বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে, অথবা ভিন্ন প্রকারে সংযুক্ত হয়।

১২৩। তাপে রাসায়নিক আকর্ষণের সাহায্য করে।—তাপ রাসায়নিক আকর্ষণের কার্য্যকে অত্যন্ত সাহায্য করে। নিম্নতাপে পাথুরিয়া কয়লা বায়ুর অম্লজনক গ্যাসের সহিত মিলিত হয় না—আমরা পাথুরিয়া কয়লা খোলা বাতাসে রাশীকৃত করিয়া যতকাল ইচ্ছা রাখিতে পারি, কোন ক্ষতি হয় না। কিন্তু উত্তাপ দিলে কয়লা এবং অম্লজনক গ্যাসের মিলন হইতে থাকে; এবং এই মিলনেও উত্তাপ উৎপন্ন হইয়া আরও মিলন চলিতে থাকে। ইহাকেই কয়লা পোড়া বলে।

গন্ধক এবং তাম্রকে মিলিত করিবার জন্য প্রথমে উত্তাপ প্রয়োগ করিতে হয়; কিন্তু যখন মিলন আরম্ভ হয়, তখন সেই মিলন হইতেই এত তাপ উৎপন্ন হয় যে, বাহিরের উত্তাপ আর আবশ্যক হয় না, আপনা আপনি মিলন চলিতে থাকে।

১২৪। **শৈত্যোৎপাদক মিশ্রণ।**—রাসায়নিক সংযোগ হইতে গেলে নিশ্চয়ই তাপ উৎপন্ন হইবে; কিন্তু কখন কখন দুইটী পদার্থ মিলিত হইবার সময় তাপ উৎপন্ন না হইয়া শৈত্য উৎপন্ন হয়। লবণ এবং বরফ সহজেই মিলিত হয়, কিন্তু উহাদের মিলনে অত্যধিক শৈত্য উৎপন্ন হয়। ইহার কারণ এই যে, উহাদের মিলনে অত্যধিক পরিমাণ তাপ অপহৃত হয়।

বরফ যখন গলিতেছে, তখন সেই গলিত বরফের সঙ্গে কিঞ্চিৎ লবণ মিশাও। এই মিশ্রিত পদার্থে তাপমান দিলেই দেখিবে, পারদ শীঘ্রই ০° ডিগ্রির নিম্নে পড়িয়া যাইবে। সুতরাং মিশ্রিত পদার্থটী গলিত বরফ অপেক্ষা শীতল।

ইহার কারণ কি? ইহার কারণ এই যে, ঐ দুইটী পদার্থ মিশ্রিত হইয়া উভয়ে মিলিয়া একটী দ্রব পদার্থ হয়—কঠিন থাকে না। পূর্ব্বে বলা হইয়াছে যে যেমন বরফ যখন জল হয়, তেমনই কোন কঠিন পদার্থ যখন দ্রব হয়, তখন খানিকটা তাপ অপহৃত হয়। অতএব ঐ মিশ্রিত পদার্থটী দ্রব হইবার সময় বরফ ও লবণ এই দুইটী কঠিন পদার্থের খানিকটা তাপ অপহৃত হয়, সুতরাং ঐ দুই পদার্থ অপেক্ষা মিশ্রিত পদার্থটী অধিকতর শীতল হয়। যখনই দুইটী কঠিন পদার্থ পরস্পরকে গলাইয়া ফেলে, তখনই খানিকটা তাপ অপহৃত হয় বলিয়া ঐ মিশ্রিত দ্রব

পদার্থ কঠিন পদার্থদ্বয় অপেক্ষা অধিকতর শীতল হয়। ঐরূপ পদার্থেই শৈত্যোৎপাদক মিশ্রণ উৎপন্ন হয়।

কোন দ্রব পদার্থে একটী কঠিন পদার্থ গলিয়া গেলেও কঠিন পদার্থের খানিকটা তাপ অপহৃত হয় বলিয়া মিশ্রিত পদার্থটী অধিকতর শীতল হয়। চিনি, মিছিরী কি বাতাসা জলে গলিলে এই জন্যই সরবত অতি শীতল হয়।

কোন দ্রব পদার্থ অতি সত্বর বাষ্পীভূত হইলে উহা অত্যন্ত শীতল বোধ হয়। কারণ, যখন উহা বাষ্প হয় তখন উহার অনেক তাপ আবশ্যক, সেই তাপ নিকটে যেখানে পায় সেইখান হইতেই লয়।

মাটীর কলসী অথবা কুঁজোতে জল পূরিয়া খোলা বাতাসে রাখিলে, পাত্রের ছিদ্র দিয়া জলের কণা সকল বাহির হইয়া বাষ্প হইতে থাকিবে। তাহাতে ভিতরের জল হইতে খানিকটা তাপ অপহৃত হইবে, এবং পাত্রের জল শীঘ্র শীতল হইয়া পড়িবে। গ্রীষ্ম হইলে যখন গাত্রের লোমকূপ দিয়া ঘর্ম্ম বাহির হয়, তখন গাত্রে গরম বায়ু লাগিলে সেই ঘর্ম্ম বাষ্প হইতে থাকে। বাষ্প হইবার সময় ঘর্ম্ম শরীর হইতে বাষ্পের প্রচ্ছন্ন তাপ যোগাড় করিয়া দিতে থাকে, তাহাতেই শরীর শীতল হয়। ঘরের মেজেতে জল ছিটাইলে ছিটান জল বাষ্প হইবার সময় ঘরের ও ঘরের বায়ুর তাপ হরণ করে বলিয়া বেশ ঠাণ্ডা বোধ হয়। ওডিকলন প্রভৃতি কতকগুলি পদার্থ অতি সহজে বাষ্পীভূত হয়; তজ্জন্য উহাদিগকে শীঘ্রবাষ্পায়নশীল পদার্থ বলে। এই সকল পদার্থ শরীরে লাগিলে যতই বাষ্পীভূত হইতে থাকে, ততই শরীরের তাপ অপহৃত হয়।

১২৫। **তাপ-সঞ্চালন**।—উত্তপ্ত পদার্থ চির দিনই উত্তপ্ত থাকিবে, এমন নহে ; উহা অপেক্ষা শীতলতর যে সমস্ত বস্তু উহার চারিদিকে নিকটে থাকে, তাহাতে তাপ প্রদান করিয়া নিজে ক্রমশঃ শীতল হইতে থাকে। ইহাকেই **তাপ-সঞ্চালন** কহে। তাপ-সঞ্চালন নানা প্রকারে হয়।

একটী লৌহশলাকার এক প্রান্ত অগ্নিতে উত্তপ্ত করিলে অপর প্রান্ত পর্য্যন্ত সমস্ত শলাকাটী ক্রমশঃ এত উত্তপ্ত হইয়া উঠে যে, উহাতে হাত দেওয়া যায় না। শলাকার যে অণুগুলি অগ্নির ভিতর থাকে, তাহারা উত্তপ্ত হইয়া পার্শ্ববর্ত্তী অণু সকলে সেই তাপ পরিচালিত করে। আবার এই অণু হইতে তাপ পরবর্ত্তী অণুতে যায়। এইরূপে ক্রমশঃ শলাকার সমস্ত অণুগুলি উত্তপ্ত হইয়া উঠে। ইহাকে **তাপ-পরিচালন** কহে।

একটী পাত্রের কিয়দংশ জলপূর্ণ করিয়া অগ্নির উপর বসাইলে তলদেশের জলাণুগুলি উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হয়, সুতরাং শীতল-তর জলাণু অপেক্ষা লঘু হইয়া পড়ে। শোলা জল অপেক্ষা লঘু বলিয়া যেমন জলের উপরে উঠে, লঘুতর উষ্ণ জলাণুগুলি তেমনই পাত্রস্থ জলের উপরে উঠিতে থাকে এবং শীতলতর জলাণুগুলি উপর হইতে নিম্নে যায়। আবার, এই জলাণুগুলি উষ্ণ হইয়া উপরে উঠে এবং উপরের অল্প উষ্ণ সুতরাং ভারী জলাণুগুলি নিম্নে আইসে। উপরের জলাণু নিম্নে, নিম্নের জলাণু উপরে, এইরূপ ক্রমাগত উঠা নামা হইতে হইতে পাত্রস্থ সমস্ত জল গরম হইয়া ফুটিতে আরম্ভ করে। ইহাকে **তাপ-পরিবাহন** কহে।

পরিচালন ও পরিবাহন দ্বারা জড় পদার্থের অণু সকলকে তপ্ত করিয়া, তাপ এক স্থান হইতে অন্য স্থানে সঞ্চালিত হইতে পারে। কিন্তু সূর্য্য হইতে যে তাপ আইসে, তাহা কি উপায়ে আইসে? পৃথিবী হইতে সূর্য্য নয় কোটি মাইল দূরে; অথচ আট মিনিটেরও অল্প সময়ের মধ্যে সূর্য্যতাপ পৃথিবীতে পঁহুছে। সূর্য্য ও পৃথিবীর মধ্যে কোন পদার্থ থাকিলে ও তাহার অণু সকল উত্তপ্ত করিয়া চলিয়া আসিতে হইলে, সূর্য্যতাপ কখনই এত দ্রুতবেগে আসিতে পারিত না। যদি তাহাও সম্ভব হইত, তবে শীতকালে সূর্য্যরশ্মি খুব প্রখর হইলেও বায়ু অত্যন্ত শীতল থাকে কেন? আবার নির্ব্বাত স্থানে কোন পদার্থের অণু নাই, তথাপি সেখানে কোন প্রখর-উত্তপ্ত দ্রব্য রাখিলে তাহা হইতে তাপ বিক্ষিপ্ত হয় কেন? প্রত্যুত, সূর্য্য কিংবা অপর কোন প্রখর-উত্তপ্ত পদার্থ হইতে আমরা যে উপায়ে তাপ প্রাপ্ত হই, তাহাকে **তাপ-বিকিরণ** কহে।

এখন দেখা গেল যে উত্তপ্ত পদার্থ হইতে তিন প্রকার উপায়ে শীতল পদার্থে তাপ সঞ্চালিত হয়—পরিচালন, পরিবাহন ও বিকিরণ।

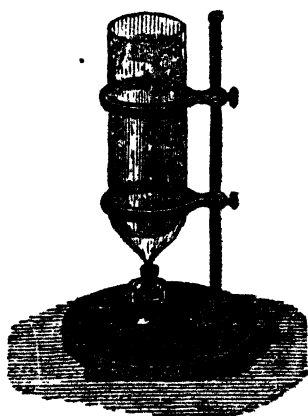
১২৬। পরিচালক ও অপরিচালক পদার্থ।— পূর্ব্বে বলা হইয়াছে যে, একটী লৌহশলাকার এক প্রান্ত অগ্নিতে দিলে অপর প্রান্ত পর্য্যন্ত এত গরম হইয়া উঠে যে, হাতে ধরিতে পারা যায় না। কিন্তু কোন ধাতুময় শলাকার পরিবর্ত্তে কাচ কি পাথরের শলাকার এক প্রান্ত অগ্নিতে দিলে অপর প্রান্ত তত গরম হয় না। তাহার কারণ এই যে, ধাতু যেমন তাপ পরি-চালিত করিতে পারে, কাচ কি পাথর তেমন পারে না। কাষ্ঠ

কি অঙ্গারের এক দিক্ পুড়িয়া গেলেও অপর দিক্ তপ্ত হয় না। যে সকল পদার্থ অতি সহজে তাপ পরিচালন করে, তাহাদিগকে **তাপ-পরিচালক** বলে, আর যে সকল পদার্থ তাহা ভালরূপ পারে না, তাহাদিগকে **তাপ-অপরিচালক** বলে। কিন্তু কোন পদার্থই সম্পূর্ণ অপরিচালক নহে।

পশুদিগের গায়ের লোম এবং পক্ষীর পালক অপরিচালক পদার্থ, এবং সেই জন্য ঐ সকল পদার্থে প্রাণীদিগের পরিচ্ছদ প্রস্তুত হইয়াছে। প্রাণিশরীরের আভ্যন্তরিক উত্তাপ চতুর্দ্দিকস্থ পদার্থসমূহের উত্তাপ অপেক্ষা অধিক। পশম, পালক কিংবা লোমে শরীর আচ্ছাদিত থাকাতে এই আভ্যন্তরিক উত্তাপ বাহিরে পরিচালিত হইতে পারে না। অপরিচালক পদার্থ তাপকে কেবল **ভিতর** হইতে বাহিরে যাইতে দেয় না তাহা নহে, **বাহির** হইতে ভিতরেও আসিতে দেয় না। শীতকালে গাত্রে কম্বল জড়াইলে শরীরের আভ্যন্তরিক উত্তাপ শরীরের ভিতরেই থাকে, বাহিরে যাইতে পারে না; আবার বরফ কম্বলে জড়াইয়া রাখিলে বাহিরের উত্তাপ ভিতরে গিয়া বরফকে গলাইতে পারে না। এখন বুঝা গেল যে, অপরিচালক পদার্থের মধ্য দিয়া তাপ ভিতর হইতে বাহিরে কিংবা বাহির হইতে ভিতরে যাইতে পারে না।

সমান লম্বা ও সমান মোটা একটী লোহের ও একটী তাম্রের শলাকার সমস্ত গাত্রে মোম মাখাইয়া দুই হস্তে দুইটী ধরিয়া উভয় শলাকার এক এক প্রান্ত একটী প্রদীপের উপর ধর। একই সময়ে অর্থাৎ একই পরিমাণ তাপ পাইলে, তাম্রশলাকার

মোম লৌহশলাকার মোম অপেক্ষা অধিক দূর গলিয়া যাইবে। সুতরাং একই পরিমাণ তাপে লৌহ অপেক্ষা তাম্র অধিক তপ্ত হয়, অর্থাৎ প্রদীপের তাপ লৌহ অপেক্ষা তাম্রের মধ্যে অধিক বেগে পরিচালিত হয়।

১২৭। তাপ-পরিবাহনের কয়েকটী প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত।—একটী জল-পূর্ণ পাত্রে অপর একটী ফুটন্ত তৈলপূর্ণ পাত্র ভাসাইয়া দিলে তৈলের তাপ ধীরে ধীরে নিম্নদিকে জলের ভিতর পরিচালিত হইবে; কিন্তু কয়েক ইঞ্চ নিম্নে আদৌ

২৪শ চিত্র।

তাপ বৃদ্ধি হইবে না। ইহার কারণ এই যে, দ্রব পদার্থ উত্তম-রূপ তাপ পরিচালিত করিতে পারে না; তদ্ভিন্ন, তৈলের তাপে উপরের জল তপ্ত হইয়া লঘু হইয়া পড়ে, সুতরাং উহা নিম্নে

যাইতে পারে না, উপরেই থাকে। অতএব উপরদিক্ দিয়া জল গরম করা সহজ নয়। জলপূর্ণ পাত্রের নিম্নে (২৪শ চিত্র দেখ) একটী প্রদীপ ধরিলে পাত্রস্থ সমস্ত জল সত্বর গরম হইয়া ফুটিতে আরম্ভ করে। নিম্নের তপ্ত অণুগুলি লঘু হইয়া উপরে উঠে, উপরের শীতল অণুগুলি ভারী বলিয়া নিম্নে পড়ে। ক্রমাগত এইরূপ হইতে থাকে। ২৪শ চিত্রে যে তীরগুলি অঙ্কিত হইয়াছে, উহাতে বুঝা যাইতেছে যে, তপ্ত জল পাত্রের ঠিক্ মধ্য দিয়া উপরে উঠে এবং শীতল জল পার্শ্ব দিয়া নিম্নে নামে।

প্রকৃতির মধ্যে তাপ-পরিবাহনের অনেক সুন্দর সুন্দর দৃষ্টান্ত পাওয়া যায়। অত্যন্ত শীতপ্রধান দেশে বায়ু অত্যন্ত শীতল বলিয়া সেই শৈত্যে জলাশয় সমূহের উপরিভাগের জল নিম্নভাগের জল অপেক্ষা অত্যন্ত শীতল হইয়া পড়ে। শীতল জল উষ্ণতর জল অপেক্ষা ভারী, সুতরাং উপরের শীতল জল নিম্নে যায় এবং নিম্নের জল উপরে উঠে। ক্রমাগত এইরূপ হইতে হইতে জলাশয়ের সমস্ত জলের তাপ ৪° ডিগ্রিতে নামিয়া পড়ে। ৪° ডিগ্রির নিম্নে জল সঙ্কুচিত না হইয়া প্রসারিত হয়, সুতরাং যখন জলাশয়ের উপরের জল ০° ডিগ্রিতে বরফ হয়, তখন সে বরফ জলাশয়ের নিম্নের জল অপেক্ষা লঘু বলিয়া উপরে ভাসিতে থাকে, নিম্নে নামিতে পারে না। নিম্নস্থ জল আর উপরে উঠিয়া বায়ুর শৈত্য লাভ করিতে পারে না বলিয়া উহার তাপ ৪° ডিগ্রিই থাকিয়া যায়, অথচ উপরে ০° ডিগ্রির বরফ ভাসিতে থাকে। বরফ যদি জল অপেক্ষা ভারী হইত, তাহা

হইলে উহা উৎপন্ন হইবা মাত্রই জলাশয়ের তলায় পড়িয়া যাইত, এবং ক্রমে জলাশয়ের সমস্ত জল বরফরাশিতে পরিণত হইত তাহা হইলে মৎস্যাদি জলজন্তুর থাকিবার স্থান থাকিত না; এবং ফুটন্ত তৈলের তাপ যেমন নিম্নস্থ জলের তাপ বৃদ্ধি করিতে পারে না, তেমনই গ্রীষ্মকালে উপরের বায়ুর উষ্ণতায় জলাশয়ের উপরিভাগের বরফ মাত্র গলিয়া যাইত, নিম্নের বরফ চিরকাল জমিয়া থাকিত।

বায়ুসাগরেও তাপনিবন্ধন প্রবল পরিবাহন-প্রবাহ চলিতে থাকে। পরিবাহন প্রভাবেই চুল্লীর উপরিস্থ উষ্ণ বায়ু উপরে উঠিয়া যায় এবং গৃহের শীতল বায়ু সেই স্থান অধিকার করে। সমস্ত পৃথিবীর উপরেও এইরূপ পরিবাহন ক্রিয়া চলিতেছে। সুমেরু ও কুমেরু হইতে সমান দূরে পূর্ব্ব পশ্চিমে পৃথিবীর যে পরিধি রেখা কল্পনা করা হয়, তাহাকে **বিষুবরেখা** বলে। এই রেখাবর্ত্তী স্থানকে **নিরক্ষদেশ** কহে। পৃথিবীর এই অংশের উপর সূর্য্যের প্রবল পরাক্রম। প্রখর সূর্য্যরশ্মিতে এই প্রদেশের বায়ু অত্যন্ত উত্তপ্ত হইয়া উর্দ্ধদিকে উঠিতে থাকে। দক্ষিণ ও উত্তর মেরু সন্নিহিত স্থান সমূহ অত্যন্ত শীতল; এই সকল প্রদেশের শীতল বায়ু ঐ উর্দ্ধগত বায়ুর স্থান অধিকার করিতে ছুটে। ঐ শীতল বায়ু এই নিরক্ষ-দেশে আসিয়া সূর্য্যের প্রখর তাপে উত্তপ্ত হইয়া আবার উপরে উঠে। উপরে উঠিয়া ঐ উত্তপ্ত বায়ু বায়ুমণ্ডলের উপরিদেশ দিয়া মেরু সন্নিহিত দেশে পুনরায় যায়; তথায় শীতল হইয়া বায়ুমণ্ডলের তলদেশ দিয়া আবার উত্তপ্ত নিরক্ষপ্রদেশে ফিরিয়া আসে। পৃথিবীর উপরে নিয়তই এই উর্দ্ধপ্রবাহ ও অধঃপ্রবাহ

চলিতেছে। মেরুপ্রদেশ হইতে নিরক্ষপ্রদেশে যে অধঃপ্রবাহ বহিতে থাকে, তাহাকেই **বাণিজ্যবায়ু** বলে।

গৃহের মধ্যে মানুষ থাকিলে অথবা কোন প্রকার দীপ জলিলে দ্ব্যম্লাঙ্গারক নামক বিষাক্ত গ্যাস উৎপন্ন হয়। গৃহের নিম্নদেশস্থ বায়ু ও ঐ বিষাক্ত গ্যাস মনুষ্যশরীর ও দীপের তাপে উষ্ণ হইয়া উপরে উঠিয়া জানালা, দরজা অথবা চালের ফাঁক দিয়া বাহির হইয়া যায় এবং বাহিরের শীতল ও বিশুদ্ধ বায়ু গৃহের মধ্যে আইসে। এইরূপ পরিবাহন ক্রিয়া না চলিলে গৃহের মধ্যে মানুষ বাঁচিতে পারিত না। এই পরিবাহন ক্রিয়ার ব্যাঘাত না ঘটে, তজ্জন্য অত্যন্ত শীতের সময়েও গৃহের অন্ততঃ একটী জানালা খুলিয়া রাখা উচিত।

দ্রব পদার্থের মধ্যে পারদ এবং সমস্ত কঠিন পদার্থ পরিচালন প্রণালীতেই উত্তপ্ত হয়। অপরাপর দ্রব পদার্থ এবং সমস্ত বায়বীয় পদার্থ পরিবাহন প্রণালীতে উষ্ণ হয়।

১২৮। তাপ-বিকিরণের কার্য্যপ্রণালী।—পদার্থের তাপ সঞ্চালিত হইবার তৃতীয় উপায়—**বিকিরণ**; এই উপায়েই সূর্য্যের তাপ পৃথিবীতে আইসে। কোন প্রজ্বলিত অগ্নির সম্মুখে দাঁড়াইলে আমাদের মুখ চোখ সেই আগুনের ঝাঁজে যেন ঝল্‌সিয়া যায়। কোন পাত্রে গরম জল থাকিলে, তাহা হইতেও তাপ বিকীর্ণ হইতে থাকে। সূর্য্য অথবা প্রজ্বলিত অগ্নি হইতে যে তাপরশ্মি বিকীর্ণ হয়, তাহা আমাদের স্পর্শেন্দ্রিয় ও দর্শনেন্দ্রিয়, উভয়েতেই অনুভব উৎপন্ন

করে ; কিন্তু গরম জল হইতে যে তাপরশ্মি বিকীর্ণ হয়, তাহা দর্শনেন্দ্রিয়ের গোচর হয় না, কেবল স্পর্শেন্দ্রিয়ের গোচর হয়। একটী মাটির গোলা অগ্নিতে পুড়াইলে যতই উহার তাপ বৃদ্ধি হইতে থাকে, ততই তাপরশ্মি চারিদিকে বিকীর্ণ হইতে থাকে ; এই রশ্মি **দীপ্তিহীন** এবং তজ্জন্য চক্ষুতে লাগে না। উত্তাপ ক্রমশঃ বাড়িতে বাড়িতে কতকগুলি তাপরশ্মি চক্ষুতে লাগিতে আরম্ভ হয়, তখন গোলাটী লালবর্ণ হইয়া উঠে ; ইহার পর পীতবর্ণ এবং তৎপরে শ্বেতবর্ণ হয়। সর্ব্বশেষে গোলাটী সূর্য্যের ন্যায় প্রখর তেজে জ্বলিতে থাকে। উত্তপ্ত পদার্থ হইতে তাপ বিকীর্ণ হইয়া চারিদিকের পদার্থকে উষ্ণ করে ; পদার্থটীও সেই সঙ্গে সঙ্গে শীতল হইতে থাকে। **চারি দিকের পদার্থ অপেক্ষা উত্তপ্ত পদার্থটী যত অধিক উষ্ণ থাকে, তাহার তাপ তত শীঘ্র কমিয়া যায়, কিন্তু যতই তাপ কমে ততই ধীরে ধীরে তাপ-বিকিরণ হইতে থাকে।** ভিন্ন ভিন্ন পদার্থ হইতে ভিন্ন ভিন্ন বেগে তাপ বিকীর্ণ হয় ; দীপের কজ্জল সর্ব্বাপেক্ষা অধিক বেগে তাপ বিকিরণ করে। মসৃণ ও চিক্কণ ধাতু অপেক্ষাকৃত অনেক ধীরে তাপ বিকিরণ করে। পাথরের বাটীতে উষ্ণ দুগ্ধ যতক্ষণে ২০° তাপাংশ শীতল হয়, কাঁসার বাটীতে ততক্ষণে ৩° তাপাংশ মাত্র শীতল হয়। নূতন পিত্তলের কড়ায় গরম জল যতক্ষণে শীতল হয়, পুরাতন কালীপড়া কড়ায় তদপেক্ষা অল্পক্ষণে শীতল হয়।

১২৯। **শিশির সঞ্চার।**—রাত্রিকালে তৃণ, বৃক্ষ প্রভৃতি হইতে প্রচুর তাপ বিকীর্ণ হয়। তাহাতে তৃণাদি এত শীতল

হইয়া পড়ে যে, তাহাদের সংস্পর্শে বায়ুস্থিত জলীয় বাষ্প জমিয়া ঘর্ম্মের মত তাহাদের গাত্রে লাগে। এই সকল জলকণা মিলিয়াই **শিশিরবিন্দু** হয়। বৃক্ষপত্র, প্রস্তর, মৃত্তিকা প্রভৃতি পদার্থ অতি প্রবল বেগে তাপ বিকিরণ করে বলিয়া উহাদের উপরে অধিক পরিমাণ শিশির সঞ্চার হয়। আকাশে মেঘ থাকিলে কি চন্দ্রাতপ টাঙ্গাইলে মেঘ ও চন্দ্রাতপ হইতে তাপ বিকীর্ণ হইয়া ভূপৃষ্ঠের দিকে আইসে ; তাহাতে পৃথিবী শীতল হইতে পারে না, সুতরাং শিশির জমে না। এই কারণেই বৃক্ষের তলাতেও শিশির জমে না। গ্রীষ্মকালে রাত্রিতেও বায়ু তত শীতল হয় না ; তজ্জন্য শিশির জমিতে পারে না।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ।

আলোক।

১৩০। **আলোক কি ?**—প্রদীপ্ত পদার্থ হইতে যে **দীপ্তিমান্** রশ্মি সকল বাহির হইতে থাকে, তাহাই **আলোক।**

১৩১। **আলোকের উৎপত্তি স্থল।**—সূর্য্য ও নক্ষত্রগণ আলোকের প্রধান উৎপত্তিস্থল। সূর্য্যের আলোক লাভ করিয়া গ্রহ উপগ্রহগণও আলোক দান করে। কঠিন পদার্থ এবং কোন কোন দ্রব ও বায়বীয় পদার্থ পুড়িলে আলোক প্রদান

করে। জোনাকি পোকা এবং এক প্রকার সামুদ্রিক কীটাণু, ব্যাঙের ছাতির ন্যায় কোন কোন গুল্ম রাত্রিকালে বেশ আলোক দেয়। তাড়িত-স্ফুলিঙ্গ ও বিদ্যুতের আলোক অত্যন্ত প্রখর।

১৩২। **সপ্রভ ও নিষ্প্রভ পদার্থ**।—যে সকল পদার্থ আপনার প্রভায় আপনি প্রকাশিত হয়, এবং অপর পদার্থকেও প্রকাশিত করে, তাহা **সপ্রভ**; আর যে সকল পদার্থের নিজ প্রভা নাই, অপর পদার্থের প্রভায় প্রকাশিত হয়, তাহাকে **নিষ্প্রভ** বলে। সপ্রভ পদার্থের মধ্যে সূর্য্য নক্ষত্রাদির প্রভা **স্বাভাবিক**, আর দীপাদির প্রভা **নৈমিত্তিক**।

১৩৩। **স্বচ্ছ ও অস্বচ্ছ পদার্থ**।—কাচ, হীরক প্রভৃতি কতকগুলি কঠিন পদার্থ, অধিকাংশ দ্রব পদার্থ এবং যাবতীয় বর্ণহীন বায়বীয় পদার্থ আলোকরশ্মি শোষণ না করিয়া অবাধে আপনার মধ্য দিয়া যাইতে দেয়। ইহাদিগকে **স্বচ্ছ** পদার্থ বলে। স্বচ্ছ পদার্থের উপর আলোক পড়িলে উহা প্রতিরুদ্ধ হইতে পারে না, সুতরাং স্বচ্ছ পদার্থের **ছায়া** পড়ে না। কাষ্ঠ, প্রস্তর প্রভৃতির ন্যায় যে সকল পদার্থের ভিতর দিয়া আলোক যাইতে পারে না, তাহাকে **অস্বচ্ছ** বলে। অস্বচ্ছ পদার্থের উপর আলোক পড়িলে উহা প্রতিরুদ্ধ হয়, সুতরাং অস্বচ্ছ পদার্থের **ছায়া** পড়ে। বায়ু ও জল স্বচ্ছ বটে, কিন্তু অধিক গভীর হইলে উহারাও আলোক শোষণ করে। এই জন্য গভীর জলের নিম্নে কোন দ্রব্য দেখা যায় না। ভূপৃষ্ঠের উপর দাঁড়াইয়া যত নক্ষত্র দেখা যায়, পর্ব্বতের উপর যাইলে তদপেক্ষা

অধিক সংখ্যক নক্ষত্র দৃষ্টিগোচর হয়। উদয় ও অস্তকালে সূর্য্যের কিরণ নিম্নস্থ ঘন বায়ুর মধ্য দিয়া আমাদের চক্ষে আইসে বলিয়া অনেকটা শোষিত হয় এবং তাই বড় প্রখর বোধ হয় না।

১৩৪। **আলোকের বেগ।**—দূরে একটী বন্দুক আওয়াজ করিলে প্রথমে আলোক দেখা যায়, তৎপরে কয়েক সেকেণ্ড বিলম্বে শব্দ শুনিতে পাওয়া যায়। এস্থলে কি হয়? বন্দুকের মুখ হইতে একই সময়ে আলোক ও শব্দ বাহির হইয়া ছুটিতে থাকে। শব্দ অপেক্ষা আলোক অত্যন্ত দ্রুতগামী বলিয়া আলোক চক্ষুতে অগ্রে পঁহুছে, শব্দের কর্ণে পঁহুছিতে বিলম্ব হয়। ডেন্‌মার্ক দেশীয় রোমার নামক এক জ্যোতির্ব্বিৎ পণ্ডিত আলোকের বেগ প্রথম নিরূপণ করেন। আলোক প্রতি সেকেণ্ডে ১৮৬,০০০ মাইল ছুটে। সূর্য্য হইতে পৃথিবী ৯ কোটি মাইল দূর। সূর্য্যের আলোক ৮ মিনিটের মধ্যে এত দূর ছুটিয়া আইসে। সুতরাং যদি সূর্য্য হঠাৎ একেবারে নিবিয়া যায়, তাহা হইলে নিবিবার ৮ মিনিট পরে আমরা তাহা টের পাইব।

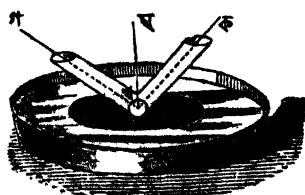
আমাদের মনে হয় যেন, প্রদীপ্ত পদার্থের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অণু সকল প্রতি সেকেণ্ডে ১৮৬,০০০ মাইল ছুটিতে পারে এবং তাহাই আলোক। তাহা হইলে আমরা একটীমাত্র আলোক-রশ্মির আঘাতেই চূর্ণ বিচূর্ণ হইতাম। বাস্তবিক তাহা নহে, শব্দ যে প্রকারে কর্ণে প্রবেশ করে, আলোকও ঠিক্ সেই প্রকারে চক্ষুতে প্রবেশ করে। একটী বন্দুক ছুড়িলে বায়ুর ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অণু সকল সমস্ত পথ ছুটিয়া আসিয়া আমাদের কর্ণে

প্রবেশ করে না। সেইরূপ আমরা যখন একটী আলোকরশ্মি দেখিতে পাই, তখন প্রদীপ্ত পদার্থটী হইতে একটী ক্ষুদ্র অণু ছুটিয়া আসিয়া আমাদের চক্ষুতে লাগে না। ১৯শ চিত্রে মার্কেলের পরীক্ষাতে যেরূপ দেখা গিয়াছে, ঠিক্ সেই প্রণালীতে অণু হইতে অণু আঘাত বহন করিয়া আমাদের চক্ষুতে আলোকের জ্ঞান উৎপন্ন করে। প্রদীপ্ত পদার্থ এবং আমাদের চক্ষুর মধ্যে ইথার নামে যে অতি সূক্ষ্ম পদার্থ আছে, প্রদীপ্ত পদার্থের অণু সকলের কম্পনে সেই সূক্ষ্ম পদার্থে তরঙ্গ উৎপন্ন হয়; অণু হইতে অণু সেই আঘাত বহন করিয়া আমাদের চক্ষুতে পঁহুছিয়া দেয়।

১৩৫। **আলোক-রশ্মির প্রাখর্য্য।**—আলোক-রশ্মি যতদূর যায় সেই দূরত্বের বর্গানুসারে তাহার প্রাখর্য্যের হ্রাস হয়। একটী প্রদীপ হইতে তৎপ্রকাশিত কোন বস্তু যত দূরে যাইবে ততই তাহার উপর পতিত আলোক ক্ষীণ হইতে থাকিবে। একটী দীপের এক হাত অন্তরে দাঁড়াইলে আমার শরীরের উপর যে আলোক পড়িবে তাহা যত উজ্জ্বল, দুই হাত অন্তরে দাঁড়াইলে তাহার চারি ভাগের এক ভাগ উজ্জ্বল হইবে, তিন হাত অন্তরে দাঁড়াইলে নয় ভাগের এক ভাগ উজ্জ্বল হইবে। অতএব **দূরত্বের বর্গানুসারে আলোকের প্রাখর্য্যের হ্রাস হয়।**

১৩৬। **আলোক-রশ্মি কি ভাবে বিকীর্ণ হয়?**—আলোক-রশ্মি সরল রেখাক্রমে বিকীর্ণ হয়। জানালার ছিদ্র দিয়া ঘরের মধ্যে আলোক আসিলে উহা ঠিক্ সরল রেখাক্রমে

পড়ে। কয়েক খানি কাগজে ছিদ্র করিয়া পর পর এমন ভাবে বসাও যে, ছিদ্র গুলি ঠিক্ সমসূত্রপাতে অবস্থিত হয়। কাগজ-গুলির পশ্চাতে একটী দীপালোক ধরিলে ঐ ছিদ্রগুলির মধ্য দিয়া আলোক-রশ্মি চক্ষে আসিয়া লাগে। ছিদ্রগুলি যদি সম-সূত্রপাতে অবস্থিত না হয়, তবে দীপালোক দেখা যাইবে না। বিকীর্ণ তাপরশ্মিই দীপ্তিমান্ হইলে আলোকরশ্মি হয়; সুত-রাং তাপরশ্মিও সরল রেখাক্রমে বিকীর্ণ হয়। প্রতিক্ষেপ, পরি-ক্ষেপ ও বিবর্ত্তন এই তিন কারণে বিকীর্ণ তাপ ও আলোকের সরল গতি পরিবর্ত্তিত হয়।

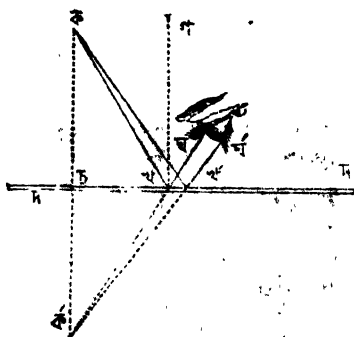
১৩৭। **আলোক প্রতিক্ষেপ।**—কোন ধাতুর মসৃণ গাত্রে আলোক পড়িলে উহা প্রতিক্ষিপ্ত হয়। একখানি দর্পণের সম্মুখে একটী জ্বলন্ত বাতি ধরিলে দর্পণের মধ্যে ঐ বাতির একটী প্রতিবিম্ব দেখিতে পাওয়া যায়। ইহার কারণ এই যে, বাতির আলোকরশ্মি সকল দর্পণের উপর পড়িয়া তোমার চক্ষুতে প্রতিক্ষিপ্ত হয়; তাহাতে মনে হয় যেন, ঐ রশ্মি সকল তোমার চক্ষুতে বাতি হইতে না আসিয়া, দর্পণ হইতে আসিতেছে।

আলোক-প্রতিক্ষেপ কিরূপে হয়, তাহা নিম্নলিখিত পরী-ক্ষাতে বুঝা যাইবে। একটী বিস্তীর্ণ পাত্রে পারদ ঢালিলে উহার উপরিভাগ খুব মসৃণ ও সমতল হইবে। একটী বক্র নলের কোণ যেখানে,

২৫শ চিত্র।

ঠিক্ তাহারই নিম্নে (২৫শ চিত্র দেখ) একটী ছিদ্র কর। এই বক্র নলটী ঐ পাত্রস্থ পারদের উপরে বসাইয়া, উহার দক্ষিণ বাহু দিয়া একটী জ্বলন্ত বাতির আলোক উহার ভিতর প্রবিষ্ট করাও। নলের বাম বাহুর প্রান্তে চক্ষু রাখিলে ঐ বাতির আলোক পারদের উপর হইতে প্রতিক্ষিপ্ত হইয়া তোমার চক্ষুতে আসিবে।

এই পরীক্ষাতে বাতির আলোক-রশ্মিগুলি নলের একটী বাহু দিয়া নামিয়া গিয়া পারদের উপর পড়ে ; তৎপরে পারদের উপর হইতে প্রতিক্ষিপ্ত হইয়া অপর বাহুর ভিতর দিয়া উঠিয়া আইসে। কিন্তু এরূপ হইতে হইলে দুইটী জিনিস আবশ্যক। প্রথমতঃ নলের দুইটী বাহুর **সমান অবনতি** হওয়া আবশ্যক, অর্থাৎ কখঘ **আপতন কোণ** গখঘ **প্রতিক্ষেপ কোণের** সমান হইবে ; দ্বিতীয়তঃ একটী বাহু অপর বাহুর **ঠিক্ বিপরীত দিকে** অবস্থিত হওয়া আবশ্যক, অর্থাৎ দুইটী বাহু পারদের উপর শুইয়া পড়িলে একটী সরল রেখা হইবে। সুতরাং একটী আলোক-রশ্মি কোন মসৃণ পৃষ্ঠে পড়িলে উহা যে অবনতিক্রমে ঐ পৃষ্ঠের উপর পড়ে, প্রতিক্ষিপ্ত রশ্মি ঠিক্ সেই অবনতিক্রমে উঠে, এবং উভয় রশ্মি পরস্পর ঠিক্ বিপরীত দিকে থাকে, অর্থাৎ যদি উহারা ঐ মসৃণ পৃষ্ঠের উপর শুইয়া পড়ে, তাহা হইলে উভয়ে জুড়িয়া একটী সরল রেখা হইবে, ভগ্নরেখা হইবে না।

জ্যামিতির জ্ঞান ব্যতিরেকে আলোক প্রতিক্ষেপের নিয়ম বুঝা যায় না, তবে ২৬শ চিত্রের সাহায্যে কথঞ্চিৎ বুঝা যাইবে। ২৬শ চিত্রে ক একটী দীপ্তিমান্ বিন্দু, উহা হইতে আলোক বাহির হইয়েছে ; দদ একখানি দর্পণ। কখ এবং কর্থ দুইটী আলোকরশ্মি ক হইতে বাহির হইয়া দর্পণের উপর খ এবং র্থ

বিন্দুতে পড়িয়াছে। এই দুইটী রশ্মি দর্শকের চক্ষুতে খঘ এবং খ´ঘ´ দিক্ দিয়া উঠিবে। কখ রশ্মির অবনতি—কখগ কোণ, খঘ প্রতিক্ষিপ্ত রশ্মির অবনতি—গখঘ কোণের সমান; সেইরূপ, কখ´ রশ্মির অবনতি খ´ঘ´ প্রতিক্ষিপ্ত রশ্মির অবনতির সমান। এখন কল্পনা কর, খঘ ও খ´ঘ´ প্রতিক্ষিপ্ত রশ্মিদ্বয় যে রেখা ক্রমে উঠিয়াছে, সেই রেখাদ্বয় দর্পণের অপর পৃষ্ঠের দিকে বর্দ্ধিত করা

২৬শ চিত্র।

হইল। ঐ বর্দ্ধিত রেখাদ্বয় ক´ বিন্দুতে মিলিত হইবে। ক বিন্দু দর্পণের যত উপরে, ক´ বিন্দু দর্পণের ঠিক্ তত নিম্নে, অর্থাৎ কচ ও ক´চ পরস্পর সমান। দর্শকের চক্ষুতে বোধ হইবে যেন, ঐ রশ্মিদ্বয় ক´ বিন্দু হইতে আসিতেছে,—সুতরাং ক বিন্দুটী দর্পণের যত উপরে, প্রতিবিম্ব ক´ ঠিক্ তত নিম্নে বোধ হইবে।

যদি একখানি দর্পণের সম্মুখে তুমি দাঁড়াও, তাহা হইলে দর্পণের ভিতর তুমি তোমার প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে। দর্পণ হইতে যত দূরে তুমি দাঁড়াইবে, তোমার প্রতিবিম্ব দর্পণের তত

পশ্চাতে বোধ হইবে। তুমি যদি দর্পণের কাছে ঘেঁসিয়া যাও, প্রতিবিম্ব ঘেঁসিয়া আসিবে; যদি দর্পণ হইতে দূরে যাও, প্রতিবিম্বও দূরে যাইবে। কিন্তু এই প্রভেদ দেখিতে পাইবে যে, **তোমার দক্ষিণ হস্ত প্রতিবিম্বের বাম হস্ত হইয়াছে, এবং তোমার দক্ষিণ পার্শ্ব প্রতিবিম্বের বাম পার্শ্ব হইয়াছে;** অপরাপর বিষয়ে তোমাতে ও তোমার প্রতিবিম্বে কোন প্রভেদ নাই। ২৭শ চিত্রে উপরের প্রতিবিম্ব নিম্নে দেখাইতেছে; ক, খ, গ তিনটী অক্ষর দক্ষিণ হইতে বামে গিয়াছে, বাম হইতে দক্ষিণে যায় নাই।

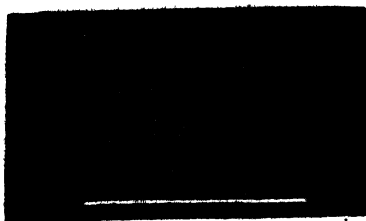
২৭শ চিত্র।

কোন পদার্থের আলোক-রশ্মি সকল অপর কোন মসৃণ পদার্থের পৃষ্ঠদেশ হইতে প্রতিক্ষিপ্ত হইলে প্রতিক্ষেপ রেখার দিকেই সেই পদার্থটাকে দেখিতে পাওয়া যায়; তাহার নিজ প্রকৃত স্থানে দেখা যায় না।

আলোক-প্রতিক্ষেপকারী দ্রব্যের পৃষ্ঠদেশ যদি সমতল না

হয়, তাহা হইলে অদ্ভুত প্রকারের প্রতিবিম্ব উৎপন্ন হয়। একটী গোলাকৃতি কাঁসার পাত্রের গাত্রে দেখিলে তোমার একটী অতি ক্ষুদ্র অদ্ভুত প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে।

২০শ চিত্রে যে দুইখানি কটাহাকৃতি প্রতিক্ষেপক দর্পণ বসান রহিয়াছে, তাহার বাম দর্পণের অধিশ্রয়ণ বিন্দুতে একটী উত্তপ্ত গোলা রাখিয়া দক্ষিণ দর্পণের অধিশ্রয়ণ বিন্দুতে হাত রাখিলে হাতে অত্যন্ত গরম ঠেকিবে। এইরূপ দুইখানি বৃহৎ প্রতিক্ষেপক দর্পণ পঞ্চাশ ফুট অন্তর বসাইয়াও এক খানির অধিশ্রয়ণ বিন্দুতে অগ্নি জ্বালিলে অপর খানির অধিশ্রয়ণ বিন্দুতে এত উত্তাপ হয় যে, তাহাতে মাংস পর্য্যন্ত সিদ্ধ করিতে পারা যায়। ইহার কারণ এই যে, অগ্নির তাপ-রশ্মিগুলি নিকটবর্ত্তী দর্পণে পড়িয়া দূরবর্ত্তী দর্পণে প্রতিক্ষিপ্ত হয়, এবং পুনরায় প্রতিক্ষিপ্ত হইয়া ঐ দূরবর্ত্তী দর্পণের অধিশ্রয়ণ বিন্দুতে উপস্থিত হয়। তখন এই বিন্দুতে অপর বিন্দুস্থ অগ্নির একটী প্রতিবিম্ব উৎপন্ন হয়। এই প্রতিবিম্বের এত অধিক তাপ যে, মাংস সিদ্ধ হইতে পারে। দেখা গেল যে, আলোকের ন্যায় তাপও প্রতিক্ষিপ্ত হয়।

১৩৮। **আলোক পরিক্ষেপ।**—মসৃণ ও চিক্কণ পদা-

২৮শ চিত্র।

র্থের উপর আলোক-রশ্মি পড়িলে উহা নির্দ্দিষ্ট দিকে প্রতিক্ষিপ্ত

হয়, কিন্তু অমসৃণ ও অস্বচ্ছ পদার্থের উপর আলোক-রশ্মি পড়িলে উহা অনির্দ্দিষ্ট দিকে যায়, ইহাকে **আলোক-পরিক্ষেপ** বলে। ২৮শ চিত্রে আলোক-প্রতিক্ষেপ এবং ২৯শ চিত্রে আলোক-পরিক্ষেপের প্রণালী প্রদর্শিত হইল। প্রতিক্ষিপ্ত ও

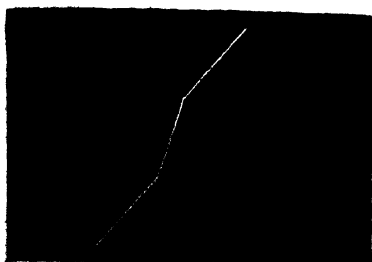
২৯শ চিত্র।

পরিক্ষিপ্ত আলোকের কার্য্য সম্পূর্ণ বিভিন্ন। যে পদার্থের আলোক কোন মসৃণ পদার্থের উপর পড়িয়া প্রতিক্ষিপ্ত হয়, প্রতিক্ষিপ্ত আলোক সেই পদার্থেরই প্রতিবিম্ব দেখায়, প্রতিক্ষেপক পদার্থকে দেখায় না; কিন্তু কোন পদার্থের আলোক অপর পদার্থে পড়িয়া পরিক্ষিপ্ত হইলে পরিক্ষিপ্ত আলোক পরিক্ষেপক পদার্থকেই দেখায়। জগতের সমস্ত পদার্থ পরিক্ষিপ্ত আলোকেই দেখা যায়। ঘর, বাড়ী, জল, গাছ, পাথর, ঘটী, বাটী প্রভৃতি সমস্ত পদার্থের উপর সূর্য্যালোক পড়িয়া পুনঃ পুনঃ চারিদিকে পরিক্ষিপ্ত হয়। ঘরের ভিতর সূর্য্যের কিরণ সাক্ষাৎ ভাবে আসে না, কিন্তু পরিক্ষিপ্ত আলোক আসিয়া ঘরের সমস্ত দ্রব্যকে দেখাইয়া দেয়।

১৩৯। আলোক-শোষণ।—একটী আলোকরশ্মি কোন মসৃণ পদার্থের উপর পড়িলে সমগ্র রশ্মিটীই প্রতিক্ষিপ্ত হয়, অথবা অমসৃণ পদার্থের উপর পড়িলে সমগ্র রশ্মিটীই পরি-ক্ষিপ্ত হয়, এমন নহে। যে পদার্থের উপর রশ্মিটী পড়ে, তাহা উহার কিয়দংশ **শোষণ** করিয়া ফেলে। প্রত্যুত, কোন পদার্থের উপর একটী আলোকরশ্মি পড়িলে পদার্থটী উহাকে তিন ভাগে বিভক্ত করে, এক ভাগ প্রতিক্ষিপ্ত হয়, এক ভাগ পরিক্ষিপ্ত হয়, এক ভাগ শোষিত হয়। যদি জগতে কোন পদার্থ সম্পূর্ণ মসৃণ থাকিত, তাহা হইলে উহার উপর আলোকরশ্মি পড়িলে সমগ্র রশ্মিটীই প্রতিক্ষিপ্ত হইত; কিন্তু সেরূপ পদার্থ সম্ভবে না।

১৪০। আলোক বিবর্ত্তন।—একটী পাথরের পাত্রের তলায় একটী টাকা রাখিয়া পাত্র হইতে এমন দূরে দাঁড়াও যে, পাত্রের কাণার উপর দিয়া টাকাটী প্রায় দেখা যায় না। এখন পাত্রটী জলপূর্ণ করিলে, যে টাকাটী এতক্ষণ অদৃশ্য ছিল, তাহা বেশ দেখা যাইবে। ইহার কারণ এই যে, টাকাটী হইতে আলোকরশ্মি জলের মধ্য দিয়া আসিতে আসিতে যখন জলের পৃষ্ঠদেশ ছাড়াইয়া বায়ুর মধ্যে প্রবেশ করে, তখন উহার গতি বাকিয়া যায়। এক স্বচ্ছ পদার্থ হইতে অন্য স্বচ্ছ পদার্থের মধ্যে প্রবেশ করিতে হইলে আলোকরশ্মির এইরূপ **বিবর্ত্তন** হয় বলিয়াই পাত্রের তলা এবং টাকা যেন খানিকটা উপরে উঠিয়াছে বলিয়া বোধ হয়। টাকাটীর স্থানে যদি একটী ক্ষুদ্র মৎস্য থাকে, তাহা হইলে মৎস্যটী তোমাকে দেখিতে পাইবে। আলোকের

গতি এইরূপ ভাঙ্গিয়া যায় বলিয়া, একগাছি যষ্টির কিয়দংশ জলে ডুবাইলে জলের পৃষ্ঠদেশ হইতে যষ্টিগাছি ভাঙ্গিয়া বক্র হইয়াছে বলিয়া বোধ হয়; কোন জলাশয় যত গভীর, তলদেশের দিকে তাকাইলে তত গভীর বোধ হয় না; মাছ যেথানে থাকে, তাহা অপেক্ষা উচ্চে রহিয়াছে বলিয়া বোধ হয়।

যদি একটী আলোকরশ্মি গড়ানে ভাবে জলের পৃষ্ঠদেশে গিয়া পড়ে, তাহা হইলে জলের ভিতর গিয়া উহা এরূপ বক্রীভূত হয় যে, পূর্ব্বাপেক্ষা কম গড়ানে বোধ হয়; আবার যদি জলের ভিতর হইতে একটী আলোকরশ্মি গড়ানে ভাবে বাহির হইয়া আইসে, তাহা হইলে উহা এরূপ বক্রীভূত হয় যে, পূর্ব্বাপেক্ষা অধিক গড়ানে বোধ হয়। স্বচ্ছ কাচের মধ্যে যদি একটী আলোক-রশ্মি গড়ানে ভাবে প্রবেশ করে, তাহা হইলে উহা পূর্ব্বাপেক্ষা কম গড়ানে বোধ হয়। একখানি পুরু সমতলপৃষ্ঠ কাচের

৩০শ চিত্র।

ভিতর দিয়া আলোকরশ্মির কিরূপ গতি হয়, তাহাই ৩০শ চিত্রে প্রদর্শিত হইয়াছে। চিত্রে দেখা যাইতেছে, কাচের ভিতর প্রবেশ করিবার পূর্ব্বে আলোকরশ্মিটী যে দিকে চলিতেছিল,

কাচ হইতে বাহির হইবার পরেও ঠিক্ সেই দিকে চলিতে থাকে, কেবল কাচের ভিতরটুকু ভিন্ন দিক্ দিয়া যায়।

আলোক-বিবর্ত্তনের কারণেই গোধূলি ও উষা হয়। উদয়ের পূর্ব্বে ও অস্তগমনের পরে সূর্য্য যখন আমাদের **চক্রবাল-রেখার** (Horizon) নিম্নে থাকে, তখন তাহার আলোকরশ্মি বায়ুমণ্ডলের উপরিভাগে পড়িয়া ঘনতর নিম্নস্থ বায়ুর দিকে বিবর্ত্তিত হয়, তাহাতেই সূর্য্য অলক্ষিত থাকিলেও উহার কিরণমালা কিয়ৎক্ষণ ধরিয়া ভূপৃষ্ঠকে আলোকিত রাখে।

এখন সমতল-পৃষ্ঠ ভিন্ন অন্য প্রকারের কাচে আলোক-রশ্মির কিরূপ গতি হয়, তাহা দেখা যাউক।

৩১শ চিত্র

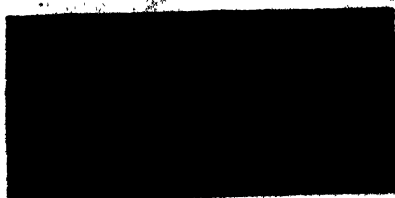
৩১শ চিত্রে একখানি **ত্রিশির** কাচের প্রতিরূপ অঙ্কিত হইয়াছে; ঝাড়ের কলম অধিকাংশ এই রূপ আকৃতির। একখানি ত্রিশির কাচ মধ্যস্থলে ঠিক্ সমতল ভাবে কাটিলে

৩২শ চিত্র।

কর্ত্তিত অংশের উপরিভাগ যেরূপ দেখায়, তাহাই দেখাইবার

জন্য ৩২শ চিত্রটী অঙ্কিত হইয়াছে। উহা সমতল ভাবে পাতিত একটী ত্রিভুজের ন্যায় দেখায়। একখানি ত্রিশির কাচের মধ্য দিয়া যাইতে হইলে আলোক-রশ্মি কিরূপ ভাবে বক্রীভূত হয়, তাহাই ৩২শ চিত্রে দেখান হইয়াছে। রশ্মিটী ত্রিশির কাচের ভিতর প্রবেশ করিলে কাচখানির স্থূল অংশের দিকে বক্র হয়। সমতল-পৃষ্ঠ কাচের বেলায় কাচের ভিতরটুকু ছাড়া আলোকরশ্মির **দিক্ পরিবর্ত্তিত হয় না,** কিন্তু ত্রিশির কাচের বেলায় আলোকরশ্মির **দিক্ সম্পূর্ণ পরিবর্ত্তিত হইয়া যায়।**

১৪১। **দৃষ্টিকাচ দ্বারা কিরূপে প্রতিবিম্ব উৎপন্ন হয় ?**—৩৩শ চিত্রে এক প্রকার দৃষ্টিকাচের আকৃতি অঙ্কিত হইয়াছে, উহার মধ্য ভাগ স্থূল কিন্তু প্রান্তভাগ সূক্ষ্ম। মধ্যভাগ স্থূল বলিয়া দৃষ্টিকাচ ত্রিশির কাচের ন্যায় কার্য্য করে। একখানি দৃষ্টিকাচের উপর কতকগুলি আলোকরশ্মি পড়িলে তৎসমস্ত কাচখানির স্থূল ভাগের দিকে বক্র হয়। এই বক্রগতিক্রমে চলিতে চলিতে

৩৩শ চিত্র।

৩৪শ চিত্র।

সমস্ত রশ্মিগুলি কাচের অপর পৃষ্ঠ ছাড়াইয়া ক অধিশ্রয়ণ বিন্দুতে সম্মিলিত হয় (৩৪শ চিত্র দেখ)।

একখানি দৃষ্টিকাচ সূর্য্যকিরণে ধরিলে যতগুলি কিরণ ঐ কাচের উপর পড়িবে, তৎসমস্তই কাচের অপরদিকে অবিশ্রয়ণ বিন্দুতে সম্মিলিত হইবে। এই বিন্দুতে একখানি কাগজ ধরিলে উহার উপর সূর্য্যের একটী ক্ষুদ্র উজ্জ্বল প্রতিবিম্ব পড়িবে। এই প্রতিবিম্ব এত উষ্ণ যে, তাহাতে কাগজখানিতে আগুন ধরিয়া উঠিবে। প্রত্যুত, দৃষ্টিকাচখানি এ সময় আতুসীকাচের কার্য্য করে। আতুসীকাচের অপর নাম সূর্য্যকান্ত মণি।

দৃষ্টিকাচ দ্বারা সকল পদার্থেরই প্রতিবিম্ব উৎপন্ন করিতে পারা যায়। দৃষ্টিকাচের একদিকে একটী জ্বলন্ত বাতি রাখিয়া অপরদিকে একখানি তৈলাক্ত কাগজ ধরিলে বাতির আলোক-রশ্মি সকল কাচের ভিতর দিয়া গিয়া উহার পশ্চাদ্দিকে কাগজখানির উপর বাতিটীর একটী প্রতিবিম্ব গড়িবে। প্রতি-বিম্বটী উল্টা দেখাইবে, বাতির উর্দ্ধভাগ প্রতিবিম্বের নিম্নভাগ হইবে, আর বাতির নিম্নভাগ প্রতিবিম্বের উর্দ্ধভাগ হইবে। সুতরাং দৃষ্টিকাচের সম্মুখে কোন দীপ্তিমান্ পদার্থ রাখিলেই বিপরীত দিকে উহার একটী ক্ষুদ্র প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। যদি কোন দৃষ্টিকাচের সম্মুখে তুমি দাঁড়াও, উহার পশ্চাতে তোমার প্রতিবিম্ব পড়িবে। এই উপায়েই ফটোগ্রাফ তুলে।

৩৫শ চিত্র।

এক কৃষ্ণবর্ণ বাক্সের এক প্রান্তে একখানি দৃষ্টিকাচ বসান

থাকে (৩৫শ চিত্র দেখ)। বাক্সটীর ভিতর অন্ধকারময়। কোন ব্যক্তিকে দৃষ্টিকাচখানির সম্মুখ দিকে দাঁড় করাইলে সেই ব্যক্তির একটী প্রতিবিম্ব ঐ অন্ধকারময় বাক্সের ভিতর গিয়া পড়ে। বাক্সের ভিতর একখানি ঘর্ষিত কাচ দিয়া তাহারই উপরে ঐ প্রতিবিম্ব ধরিয়া ভাল করিয়া পরীক্ষা করা হয়। যখন প্রতিবিম্বটী ঐ ব্যক্তির খাঁটি প্রতিরূপ হইয়াছে বলিয়া বুঝা যায়, তখন ঘর্ষিত কাচখানি তুলিয়া তাহার স্থানে আর একখানি কাচ বসান হয়। এই কাচের উপর এক প্রকার প্রলেপ মাখান থাকে। বাক্সের অভ্যন্তরস্থ প্রতিবিম্বের দীপ্তিমান্ অংশ সকল এই কাচের যে যে অংশে লাগে, সেই সেই অংশের প্রলেপ বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়, কিন্তু প্রতিবিম্বের দীপ্তি-হীন অংশ সকল ঐ কাচের যে যে অংশে লাগে, তাহার প্রলেপ বিশ্লিষ্ট হয় না। এই উপায়ে প্রতিবিম্বটী ঐ পদার্থের উপর নিজের একটী ছবি মুদ্রিত করিয়া ফেলে; কিন্তু এই ছবিতে প্রতিবিম্বের দীপ্তিমান্ ভাগ দীপ্তিহীন ভাগের ন্যায় দেখায় এবং দীপ্তিহীন ভাগ দীপ্তিমান্ ভাগের ন্যায় দেখায়। এই অবস্থাতে ছবিখানিকে ফটোগ্রাফব্যবসায়ীরা (Negative) নেগেটিভ প্রতিরূপ বলে। এই নেগেটিভ হইতে যে প্রকৃত ছবি তোলা হয়, তাহাকে (Positive) পজিটিভ প্রতিরূপ বলে। নেগেটিভ প্রতিরূপকে **বিপরীত** এবং পজিটিভ প্রতিরূপকে **প্রকৃত** প্রতিরূপ বলা যাইতে পারে।

১৪২। **বিপুল-দর্শক কাচ**।—অত্যন্ত ক্ষুদ্র বস্তুও দৃষ্টিকাচের সাহায্যে বড় দেখাইতে পারে; কিন্তু তাহা হইলে কাচ খানি ঐ বস্তুর অত্যন্ত নিকটে ধরা আবশ্যক। যে কাচের

সাহায্যে ক্ষুদ্র বস্তু বড় দেখায়, তাহাকে **বিপুল-দর্শক কাচ** বলে। এরূপ বিপুল-দর্শক কাচ দ্বারা চন্দ্র কি কোন গ্রহের ন্যায় দূরবর্ত্তী পদার্থ বড় দেখায় না, অত্যন্ত নিকটবর্ত্তী পদার্থই বড় দেখায়। চন্দ্র কি কোন গ্রহের আকৃতি বড় করিয়া দেখিতে ইচ্ছা করিলে দুই খানি কাচ আবশ্যক—একখানি বড় কাচ, তাহাতে তুমি দূরবর্ত্তী পদার্থের প্রতিবিম্ব পাইবে, আর এক খানি বিপুলদর্শক কাচ—তাহাতে তুমি ঐ প্রতিবিম্ব বড় করিয়া দেখিতে পাইবে, সুতরাং পরীক্ষা করিবার সুবিধা হইবে। অতএব যদ্যপি তুমি কোন নিকটবর্ত্তী পদার্থকে বড় দেখিতে ইচ্ছা কর, তাহা হইলে বিপুলদর্শক কাচ লও; আর যদি তুমি দূরবর্ত্তী পদার্থ বড় দেখিতে চাও, তাহা হইলে প্রথমে একখানি দৃষ্টিকাচ দ্বারা দূরবর্ত্তী পদার্থের প্রতিবিম্ব নিকটে আন, এবং তৎপরে একখানি বিপুলদর্শক কাচ দ্বারা সেই প্রতিবিম্বকে বড় করিয়া পরীক্ষা কর। এইরূপ দুইখানি কাচের সমাবেশ হইলে **দূরবীক্ষণ** যন্ত্র প্রস্তুত হয়। দূরবীক্ষণ যন্ত্রে ঐ দুইখানি কাচ লম্বা নলের ভিতর আবদ্ধ থাকে; তাহাতে বাহিরের আলোক প্রবেশ করিতে পায় না।

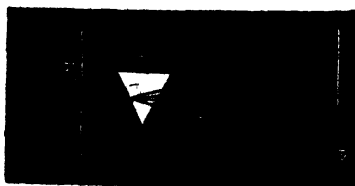
১৪৩। **ভিন্ন ভিন্ন প্রকার আলোক ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ বক্র হয়।**—একটী আলোকরশ্মি ত্রিশির কাচের মধ্য দিয়া যাইলে উহার গতি বক্র হয়, তাহা দেখা গিয়াছে। এখন দেখা যাইবে যে, সকল প্রকার আলোকরশ্মি সমান পরিমাণ বক্র হয় না। ৩৬শ চিত্রে লাল বর্ণের রশ্মি কতটুকু বক্র হয়, তাহা দেখা যাইতেছে। ঐটী যদি লাল না হইয়া পাটলবর্ণের

রশ্মি হয়, তাহা হইলে আরও একটু বক্র হয়; যদি পীতবর্ণের হয়, তাহা হইলে পাটল অপেক্ষাও বক্র হয়; সবুজ হইলে পীত অপেক্ষা, ঈষৎ নীল হইলে সবুজ অপেক্ষা, গাঢ় নীল হইলে ঈষৎ নীল অপেক্ষা, বেগুণিয়া হইলে গাঢ় নীল অপেক্ষাও বক্র হয়।

যখন সূর্য্যরশ্মি ত্রিশির কাচের মধ্যে প্রবেশ করে, তখন উহা সম্পূর্ণ শ্বেতবর্ণ দেখায়, অথচ কাচ হইতে বাহির হইবার সময় সাতটী পৃথক্ বর্ণ দেখিতে পাই, ইহার কারণ কি? সূর্য্যরশ্মি সাত বর্ণের সাত প্রকার রশ্মির মিশ্রণে উৎপন্ন। এই রশ্মিগুলি ত্রিশির কাচের মধ্যে প্রবেশ করিবার সময় মিশ্রিতাবস্থায় প্রবিষ্ট হয়, কিন্তু কাচের অপর পার্শ্ব দিয়া বাহির হইবার সময় আর মিশ্রিত থাকিতে পারে না; কারণ, লাল রশ্মি যতটুকু বাঁকিবে পাটল রশ্মি তদপেক্ষা অধিক বাঁকিবে, পীত রশ্মি আরও বাঁকিবে, এইরূপ যথাক্রমে বাঁকিবার পরিমাণ বাড়িতে থাকে। সাতটী রশ্মিই যদি সমান পরিমাণ বাঁকিত, তাহা হইলে উহা-দিগের বিচ্ছিন্ন হইবার কারণ থাকিত না; যেমন মিশ্রিতা-বস্থায় ত্রিশির কাচের মধ্যে প্রবেশ করিত, তেমনই মিশ্রিতা-বস্থায় বাঁকিয়া বাহির হইত। কিন্তু প্রত্যেক রশ্মির বাঁকিবার পরিমাণ ভিন্ন ভিন্ন হওয়াতে, ত্রিশির কাচ হইতে বাহির হইবার সময় সাতটী রশ্মি পৃথক্ পৃথক্ হইয়া পড়ে। বৃষ্টির সময় যখন মেঘ হইতে জল পড়িতে থাকে, তখন জলকণাসমূহে সূর্য্যরশ্মি পড়িলে, সেই রশ্মি ভাঙ্গিয়া গিয়া সূর্য্যের বিপরীত দিকে সাত প্রকার বর্ণ প্রকাশ করে; ইহাতেই রামধনু উদিত হয়।

কতকগুলি বিভিন্ন বর্ণের রশ্মি মিশ্রিত হইয়া শ্বেতালোক প্রস্তুত হয়; এবং কতকগুলি পদার্থের ভিতর দিয়া যাইতে

হইলে ঐ রশ্মিগুলি পৃথক্ হইয়া পড়ে, এই তত্ত্বটী সার্ আইজাক্ নিউটন সর্ব্ব প্রথমে আবিষ্কার করেন। ত্রিশির কাচের সাহায্যে আমরা ঐ রশ্মিগুলি পৃথক্ করিতে পারি।

একটী অন্ধকারময় গৃহের কবাটে উর্দ্ধাধোভাবে একটী অপ্রশস্ত ছিদ্র কাটিলে, সেই ছিদ্র দিয়া সূর্য্যালোক গৃহমধ্যে প্রবেশ করিবে। মনে কর, ৩৬শ চিত্রে স্থ ছিদ্র দিয়া গৃহমধ্যে আলোক

৩৬শ চিত্র।

আসিতেছে; ঘরের মধ্যে চ হইতে ছিদ্রের দিকে চাহিলে তুমি কেবল একটী আলোকময় ছিদ্রই দেখিতে পাইবে; এই ছিদ্রের সাহায্যে তুমি বাহিরের সূর্য্য দেখিতে পার। ঘরের অন্য স্থান হইতে দেখিলে চ স্থানে কিঞ্চিৎ সূর্য্যালোক দেখিতে পাইবে। ঐ আলোক ছিদ্রের ভিতর দিয়া চ স্থানে আসিয়া পড়িয়াছে। এই আলোকপথে একখানি ত্রিশির কাচ (চিত্র দেখ) ধরিলে চ হইতে তোমার চক্ষু আর ছিদ্র দেখিতে পাইবে না। কিন্তু ঐ কাচের স্থূল ভাগের দিকে দৃষ্টি নিক্ষেপ করিলে, ঐ ছিদ্রাগত আলোক তোমার দৃষ্টিগোচর হইবে। কিন্তু যখন কাচ ধর নাই, তখন একটী আলোকময় ছিদ্র দেখিয়াছিলে; এখন তাহার পরিবর্ত্তে নানাবর্ণের একটী বিস্তৃত মালার মত দেখিতে পাইবে। এই মালার এক প্রান্তে লোহিত, তৎপরে ক্রমান্বয়ে পাটল, পীত,

হরিৎ, ঈষৎ নীল, গাঢ় নীল হইয়া অপর প্রান্তে বেগুণিয়া দেখা যাইবে। ইহার কারণ পূর্ব্বেই বলিয়াছি। আবার যখন কাচ ধর নাই, তখন শ্বেতালোকময় একটী মাত্র ছিদ্র দেখিতেছিলে; এখন সেই শ্বেতালোক সাত বর্ণে বিভক্ত হওয়াতে, সাতটী পৃথক্ পৃথক্ বর্ণের ছিদ্র পাশাপাশি থাকিয়া একটী মালার মত দেখাইতে থাকিবে। এই সাত বর্ণের আলোকমালাকে **সৌরদর্শন** বলে।

১৪৪। **বর্ণের উৎপত্তি।**—যে পদার্থ হইতে সূর্য্যরশ্মির যে বর্ণের কিরণ পরিক্ষিপ্ত হয়, উহা সেই বর্ণের দেখায়। জবা ফুল সূর্য্যরশ্মির লোহিত বর্ণের কিরণ পরিক্ষেপ করে, অপর ছয়টী বর্ণের কিরণগুলি শোষণ করিয়া ফেলে; তাহাতেই উহা লোহিতবর্ণ দেখায়। জবা ফুলটী সৌরদর্শনের লোহিতাংশে ধরিলে লোহিত দেখায়, কিন্তু অন্য অংশে ধরিলে কৃষ্ণবর্ণ দেখায়। কৃষ্ণবর্ণ দেখাইবার কারণ এই যে, লোহিত বর্ণ ব্যতীত অপর বর্ণের কিরণ জবা ফুলে শোষিত হইয়া যায়। যে পদার্থে সূর্য্যরশ্মির সমস্ত সাতটী বর্ণের কিরণ সমভাবে পরিক্ষিপ্ত হয়, তাহা অবশ্যই শ্বেতবর্ণ দেখায়। শ্বেতবর্ণ পদার্থ সৌরদর্শনের লোহিতাংশে ধরিলে লোহিত, পীতাংশে ধরিলে পীত, অর্থাৎ যে বর্ণের অংশে ধরিবে, সেই বর্ণের দেখাইবে। তাহার কারণ এই যে, উহা কোন বর্ণের কিরণ শোষণ করে না, সকল বর্ণের কিরণকেই পরিক্ষেপ করে। কৃষ্ণবর্ণ পদার্থ সৌরদর্শনের যে অংশেই ধর, কৃষ্ণবর্ণ দেখাইবে। কৃষ্ণবর্ণ পদার্থ সূর্য্যরশ্মির সাত বর্ণের কিরণকেই শোষণ করে, কোন বর্ণের কিরণকে পরিক্ষেপ করে না।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ।

তাপ। (দ্বিতীয় প্রস্তাব)

১৪৫। তাপের প্রতিক্ষেপ, পরিক্ষেপ, শোষণ ও বিবর্ত্তন।—আলোকের ন্যায় তাপেরও প্রতিক্ষেপ, পরিক্ষেপ, শোষণ ও বিবর্ত্তন হয়। ৩৪শ চিত্রে দেখান হইয়াছে, একখানি দৃষ্টিকাচ সূর্য্যকিরণে ধরিলে কাচের অপর দিকে অধিশ্রয়ণ বিন্দুতে কিরণগুলি সমাহৃত হয়। এস্থলে দৃষ্টিকাচের সাহায্যে আলোকও যেমন বিবর্ত্তিত হয়, তাপও তেমনই বিবর্ত্তিত হয়। ঐ কিরণ-সমাহার-বিন্দুতে একখানি কালী মাথান কাগজ ধরিলে, অতি শীঘ্র পুড়িয়া যাইবে। একখানি শাদা কাগজ ধরিলে, উহা তত শীঘ্র পুড়িবে না। তাহার কারণ এই যে, কৃষ্ণবর্ণ পদার্থ যত তাপ শোষণ করিতে পারে, শ্বেতবর্ণ পদার্থ তত পারে না; শ্বেতবর্ণ পদার্থ হইতে তাপ পরিক্ষিপ্ত হইয়া যায়। শাদা কাগজের পরিবর্ত্তে একখানি মসৃণ ও চিক্কণ রাংতা ঐ বিন্দুতে ধরিলে উহা পুড়ে না, কারণ উহার চিক্কণ পৃষ্ঠ হইতে তাপ প্রতিক্ষিপ্ত হইতে থাকে। যে বস্তু যত অধিক তাপ শোষণ করে, তাহা হইতে তত অল্প তাপ পরিক্ষিপ্ত বা প্রতিক্ষিপ্ত হয়। শীতকালে কৃষ্ণবর্ণ বস্ত্র গাত্রে দিলে, উহা সূর্য্যতাপ শোষণ করিয়া শরীরে প্রদান করে। গ্রীষ্মকালে শ্বেতবর্ণ বস্ত্র গাত্রে থাকিলে, উহা সূর্য্যতাপ শোষণ না করিয়া পরিক্ষেপ করে, সুতরাং বাহিরের তাপ শরীরে অধিক প্রবেশ করিতে পারে না।

বায়ু অধিক তাপ শোষণ করিতে পারে না, কিন্তু মৃত্তিকা পারে। সূর্য্যতাপ বায়ুর ভিতর দিয়া আসে বটে, কিন্তু বায়ু দ্বারা শোষিত হয় না। তজ্জন্য বায়ুমণ্ডলের উপরিভাগ আদৌ গরম নহে, অত্যন্ত শীতল। কিন্তু ভূপৃষ্ঠ সূর্য্যের তাপ শোষণ করিয়া এত উত্তপ্ত হয় যে, ভূপৃষ্ঠের তাপ পরিক্ষিপ্ত, পরিচালিত, পরিবাহিত ও বিকীর্ণ হইয়া নিকটবর্ত্তী বায়ু-ভাগকে উষ্ণ করিয়া তুলে।

কোন পদার্থ তাপ প্রতিক্ষেপ বা পরিক্ষেপ না করিয়া শোষণ করিলে, তাহার শোষণ শক্তি যত প্রবল, বিকিরণ শক্তি ঠিক্ তত প্রবল হইবে। মসৃণ চিক্কণ ধাতুপাত্রের উপর তাপ পড়িলে প্রতিক্ষিপ্ত হয়। তজ্জন্য উহা অতি অল্প তাপ শোষণ করে। সুতরাং, উহা হইতে অতি অল্প তাপ বিকীর্ণ হয়। কৃষ্ণবর্ণ পদার্থ অত্যন্ত অধিক তাপ শোষণ করে বলিয়া উহা হইতে অত্যন্ত অধিক তাপ বিকীর্ণ হয়।

১৪৬। প্রত্যক্ষ গতি হইতে তাপ উৎপন্ন হয়, তাহার প্রমাণ।—ইতিপূর্ব্বে দেখান গিয়াছে যে, শব্দে আমরা দুইটী বিষয় পাই; প্রথম, কম্পমান পদার্থ; দ্বিতীয়, ঐ পদার্থ বায়ু দ্বারা আমাদের কর্ণে যে তরঙ্গ প্রেরণ করে। ইহাও বলা গিয়াছে যে, উত্তপ্ত পদার্থের সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম অণু সকল অতি দ্রুতবেগে কাঁপিতে থাকে; এবং কম্পমান পদার্থ হইতে যেমন শব্দ নির্গত হইয়া কর্ণে লাগে, তেমনই উত্তপ্ত পদার্থ হইতে তাপ নির্গত হইয়া চর্ম্মে, ও আলোক নির্গত হইয়া চক্ষুতে লাগে। কিন্তু ঘণ্টা কি ঢাক, কি অপর পদার্থকে কিরূপে কম্পিত করা যায়? উহাকে আঘাত করিয়া। ঘণ্টার গায়ে হাতুড়ি

মারিলে উহা কাঁপিতে থাকে, তাহাতে শব্দ নির্গত হয়। হাতুড়ি যখন ঘণ্টার গায়ে লাগে, তখন হাতুড়ির কিরূপ ভাব? তখন উহা একটী দ্রুতগতিসম্পন্ন পদার্থ, সুতরাং উহার অনেক কার্য্যকরী শক্তি থাকে। ঘণ্টায় আঘাত করিলেই হাতুড়ির কার্য্যকরী শক্তি ঘণ্টাতে সংক্রামিত হয়, তাহাতেই ঘণ্টা কাঁপিতে আরম্ভ করে। পূর্ব্বে বলা হইয়াছে যে, কম্পমান পদার্থের কার্য্যকরী শক্তি আছে। সুতরাং হাতুড়ি ঘণ্টাতে যে আঘাত করিল, সে আঘাতের কার্য্যকরী শক্তি নষ্ট হয় নাই।

এখন মনে কর, এক জন কর্ম্মকার নেহাইএর উপর খানিকটা সীসা রাখিয়া তাহার উপর সজোরে হাতুড়ি দ্বারা আঘাত করিল। এ আঘাতে সীসা ঘণ্টার ন্যায় কাঁপিবে না, কেবল ধপ্ করিয়া একটী শব্দ মাত্র হইবে। ঐ আঘাতের কার্য্যকরী শক্তির কি হইল? ঘণ্টার বেলায় উহা কম্পমান গতিতে পরিণত হইয়াছিল, সীসার বেলায় উহা কিসে পরিণত হইয়াছে? আঘাতে সীসাটুকু গরম হইয়া উঠিয়াছে, সীসার সমস্ত অণু কাঁপিতে আরম্ভ করিয়াছে; কিন্তু ঘণ্টার অণু সকল যেরূপে কাঁপিতেছিল, এ কম্পন সেরূপ নয়। যদ্যপি ঐ কর্ম্মকার অনেক ক্ষণ ধরিয়া ঐ সীসার উপর এইরূপ আঘাত করে, তাহা হইলে নিশ্চয়ই সীসাটুকু এত গরম হইয়া উঠিবে যে, সেই উত্তাপে গলিয়া যাইবে।

একটী বোতাম কিয়ৎক্ষণ ঘষিলে গরম হইয়া উঠে। বোতাম ঘষিতে তুমি যে কার্য্যকরী শক্তি ব্যয় কর, তাহা নষ্ট হয় না, উত্তাপে পরিণত হয়।

একখানি পাথরের উপর একটী দেসলাইএর কাটি রাখিয়া

আর একখানি পাথর দিয়া আঘাত করিলেই উহা জ্বলিয়া উঠে। দেসলাইএর মুখে ফস্ফরস্ নামক এক প্রকার পদার্থ মাখান থাকে, উহা অতি অল্প তাপেই জ্বলিয়া উঠে। পাথরের আঘাতে যে তাপ জন্মে, তাহাই ফস্ফরস্‌কে জ্বালিয়া তুলে।

এই দৃষ্টান্তে বুঝা যাইতেছে যে, প্রকৃত দৃশ্যমান শক্তি অর্থাৎ গতি তাপ নামক অন্য প্রকার শক্তিতে পরিণত হয়। তবে প্রভেদ এই যে, গতিতে পদার্থের সমস্ত অণু এক কালে একই দিকে চলিতে থাকে, সুতরাং সমগ্র পদার্থটীর স্থান পরিবর্ত্তন হইতে থাকে; কিন্তু তাপে অণুগুলি ক্রমাগত একদিকে না গিয়া, অতি দ্রুত বেগে সম্মুখে ও পশ্চাতে দুলিতে থাকে, এবং সমগ্র পদার্থটী স্থির থাকে, স্থান পরিবর্ত্তন করে না। গতি তাপে পরিণত হইল; এখন তাপ গতিতে পরিণত হয়, তাহা দেখান আবশ্যক। বাষ্পীয় কলে সমস্ত কার্য্য কে করে? কয়লা পুড়িয়া তাপরূপ কার্য্যকরী শক্তি প্রসব করে, সেই তাপ গতিরূপ দৃশ্যমান শক্তিতে পরিণত হইয়া কলের অর্গলকে একবার তুলে, একবার নামায়। ইহাতেই বৃহৎ চক্রখানি ক্রমাগত ঘূরিতে থাকে।

বাষ্পীয় কলে যত কার্য্য হয়, সমস্তই তাপের কার্য্যকরী শক্তির ফল। সুতরাং গতিই কেবল তাপে পরিণত হইতে পারে তাহা নহে, তাপও গতিতে পরিণত হইতে পারে।

১৪৭। তাপের উৎপত্তিস্থল।—সূর্য্যই তাপের মূল কারণ; তদ্ভিন্ন ভূগর্ভ, জীবদেহ, তড়িৎ, রাসায়নিক সংযোগ, সঙ্ঘর্ষণ, সঙ্কোচন ও আঘাত হইতে তাপ উৎপন্ন হয়।

পৃথিবীর পৃষ্ঠদেশ হইতে নিম্নদিকে খুঁড়িয়া যাইলে দেখা

যায় যে, উপরের দুই তিন ফুট মাটী সূর্য্যের উত্তাপে অত্যন্ত উত্তপ্ত, তন্নিম্নে ক্রমশঃই তাপ কমিতে থাকে। কিন্তু ৬০।৭০, এমন কি স্থানে স্থানে ১০০ ফুট নিম্ন পর্য্যন্তও, শীত গ্রীষ্ম দিবা রাত্রি ভেদে উষ্ণতার হ্রাসবৃদ্ধি হয়। তৎপরে এমন একটী স্থানে উপনীত হওয়া যায়, যেখানে শীত গ্রীষ্ম কিংবা দিবা রাত্রির ভেদে উষ্ণতার তারতম্য হয় না। এই স্থানটীকে **চির-সমোষ্ণ স্থল** বলে। এই স্থানটীর যত ঊর্দ্ধে যাইবে, তত সৌর তাপ, এবং যত নিম্নে যাইবে, তত পার্থিব তাপের প্রতাপ বৃদ্ধি হইতে থাকিবে। ঐ স্থানের নিম্নে প্রতি ৬০ ফুটে ১°ফা করিয়া উষ্ণতা বাড়িতে থাকে। সুতরাং ভূপৃষ্ঠ হইতে কয়েক ক্রোশ নিম্নে এত তাপ যে, সেখানে লৌহও গলিয়া যায়।

কি গ্রীষ্মপ্রধান দেশ কি শীতপ্রধান দেশ, কি গ্রীষ্মকাল কি শীতকাল, রোগ না হইলে সকল দেশেই ও সকল কালেই জীবদেহের উত্তাপ সমান থাকে। মনুষ্য-শরীরের উত্তাপ সর্ব্বদাই ৯৮.৪° ফা।

বজ্রের অগ্নি তড়িৎ হইতে উৎপন্ন।

চূণে জল দিলে রাসায়নিক সংযোগে তাপ উৎপন্ন হয়। কাষ্ঠাদি পদার্থ পুড়িবার সময়, কি দীপাদি জ্বলিবার সময়, দাহ্যমান পদার্থ বায়ুর অম্লজনক গ্যাসের সহিত রাসায়নিক সংযোগে মিলিত হইতে থাকে, তাহাতেই তাপ উৎপন্ন হয়।

হাতে হাতে ঘষিলে, কি কাঠে কাঠে ঘষিলে, কি বাক্সের গায়ে বিলাতি দেসলাই ঘষিলে, কি চকমকি পাথরে ইস্পাত ঘষিলে তাপ উৎপন্ন হয়। ইহা ঘর্ষণের কার্য্য।

বারিঘটিত পেষণযন্ত্রে অত্যন্ত অধিক চাপ দিয়া কঠিন পদার্থকে আকুঞ্চিত করিলে উহা উত্তপ্ত হয়।

নেহাইএর উপর একখণ্ড সীসা রাখিয়া হাতুড়ি দ্বারা আঘাত করিলে সীসা গরম হইয়া উঠে।

অষ্টম অধ্যায়।

চুম্বক।

১৪৮। **চৌম্বকাকর্ষণ কাহাকে বলে?**—চুম্বকে লৌহ আকর্ষণ করে। এই আকর্ষণকে **চৌম্বকাকর্ষণ** বলে।

১৪৯। **চুম্বক কয় প্রকার?**—চুম্বক দুই প্রকার:—**স্বাভাবিক ও কৃত্রিম**। আকর হইতে অম্লজনক গ্যাস সংযুক্ত এক প্রকার লৌহ পাওয়া যায়, তাহাই **স্বাভাবিক** চুম্বক। স্বাভাবিক চুম্বকে ইস্পাত ঘর্ষণ করিলে তাহাতেও চুম্বকের ধর্ম্ম সংক্রামিক হয়; ইহাকে **কৃত্রিম** চুম্বক বলে। চুম্বক-পাথরের অপর নাম অয়স্কান্ত মণি।

১৫০। **স্থায়ী ও অস্থায়ী চুম্বক।**—কোন কোন দ্রব্য চুম্বক-ধর্ম্ম প্রাপ্ত হইয়া অল্পক্ষণেই তাহা হারাইয়া ফেলে, তাহাকে **অস্থায়ী চুম্বক** বলে। কোন কোন দ্রব্য বহুকাল ধরিয়া চুম্বক-ধর্ম্মাক্রান্ত থাকিতে পারে, তাহাকে **স্থায়ী চুম্বক** বলে।

১৫১। কৃত্রিম চুম্বকের আকৃতি।—সচরাচর কৃত্রিম চুম্বকের আকৃতি তিন প্রকার হয়—**সরল দণ্ডাকার**, **সূচ্যাকার** ও **অশ্বশফাকার**।

১৫২। চুম্বকের কোন অংশে আকর্ষণী শক্তি অধিক এবং কোন অংশে অল্প।—চুম্বকের আকর্ষণী শক্তি প্রান্তভাগে অধিক, মধ্যভাগে অল্প। একটী পাত্রে কতকগুলি লৌহচূর্ণ রাখিয়া তাহার নিকট একটী দণ্ডাকার চুম্বক ধরিলে, চূর্ণগুলি দুই প্রান্তভাগে আকৃষ্ট হয়। প্রান্ত হইতে মধ্যভাগের দিকে যতই যাওয়া যায়, ততই অল্প পরিমাণ লৌহচূর্ণ আকৃষ্ট হইয়াছে, দেখা যায়। নিজ মধ্যস্থলে আদৌ লৌহচূর্ণ দৃষ্ট হয় না।

১৫৩। চুম্বকের মেরু।—একটী সূচ্যাকার চুম্বক সূত্রে ঝুলাইলে অথবা একটী সূক্ষ্মাগ্র দণ্ডের উপর রাখিলে, উহা বেশ স্বাধীনভাবে এদিক্ ওদিক্ ঘুরিতে ফিরিতে পারে। এরূপ অবস্থায় চুম্বকটীর এক প্রান্ত পৃথিবীর সুমেরু অর্থাৎ উত্তর মেরুর দিকে, অপর প্রান্ত কুমেরু অর্থাৎ দক্ষিণ মেরুর দিকে ফিরিয়া থাকে, অন্য দিকে ফিরে না। যে অগ্রভাগ যে দিকে ফিরিয়া থাকে, সেই দিক্ ধরিয়া চুম্বকশলাকার অগ্রভাগের নাম **উত্তরমেরু** ও **দক্ষিণমেরু** দেওয়া হইয়া থাকে।

১৫৪। চৌম্বক আকর্ষণ ও বিকর্ষণ বিষয়ে নিয়ম।—দুইটী নিকটবর্ত্তী চুম্বকশলাকার উত্তরমেরুদ্বয় সন্নিকৃষ্ট হইলে পরস্পরকে বিকর্ষণ করে, কিন্তু একটীর উত্তরমেরু অপরটীর দক্ষিণমেরুর নিকটবর্ত্তী হইলে উহারা পরস্পরকে

আকর্ষণ করে। অতএব **চুম্বকদিগের সমমেরু পরস্পরকে বিকর্ষণ করে এবং বিষমমেরু পরস্পরকে আকর্ষণ করে।**

পৃথিবী একটী অতিবৃহৎ চুম্বক স্বরূপ। পৃথিবীর উত্তরমেরু ও চুম্বকশলাকার উত্তরমেরু পরস্পর বিষমমেরু বলিয়া চুম্বকের উত্তর মুখ পৃথিবীর উত্তর দিকে ফিরিয়া থাকে। আবার, পৃথিবীর দক্ষিণমেরু ও চুম্বকশলাকার দক্ষিণমেরু পরস্পর বিষমমেরু বলিয়া চুম্বকের দক্ষিণ মুখ পৃথিবীর দক্ষিণ দিকে ফিরিয়া থাকে। পৃথিবীর সহিত চুম্বকশলাকার এইরূপ সম্বন্ধ নির্ণীত হওয়াতে, **দিগ্‌দর্শন** যন্ত্র নির্ম্মিত হইয়াছে। উহাতে চুম্বকশলাকা নিয়তই উত্তর দিকে ফিরিয়া থাকে। রাত্রি কালে সমুদ্রের উপর দিঙ্‌নির্ণয় করিবার পক্ষে দিগ্দর্শনই প্রধান সহায়।

১৫৫। চুম্বকধর্ম্ম কিরূপে সঞ্চারিত হয়?—একটী চুম্বকদণ্ডের উত্তরমেরুর নিম্নে একটী চাবি ধরিলে উহাতে চুম্বকধর্ম্ম সঞ্চারিত হয়। এই চাবিটীর নিম্নে আর একটী চাবি ধরিলে, সেটীও চুম্বকধর্ম্ম লাভ করিবে। দ্বিতীয় চাবিটীর নিম্নে আর একটী চাবি ধরিলে, সেটীও চুম্বকধর্ম্ম লাভ করিবে। ইহাকেই **চুম্বক-ধর্ম্ম-সঞ্চারণ** বলে। চুম্বকদণ্ডের উত্তরমেরু হইতে চুম্বকধর্ম্ম সঞ্চারণ করিলে চাবিটীর উপরের অগ্রভাগ দক্ষিণমেরু এবং নিম্নের অগ্রভাগ উত্তরমেরু হইবে। প্রত্যেক চাবির এই প্রকার মেরুভেদ হইবে।

১৫৬। চুম্বকধর্ম্ম কিসে নষ্ট হয়?—অগ্নিতে পোড়াইয়া লালবর্ণ করিলে, চুম্বকের চুম্বকধর্ম্ম বিনষ্ট হয়।

নবম অধ্যায়।

তড়িৎ।

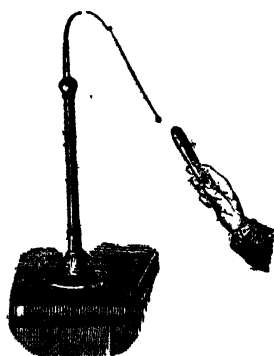
১৫৭। পরিচালক এবং অপরিচালক কাহাকে বলে?—দুই সহস্র বৎসরেরও অধিক কাল পূর্ব্বে লোকে জানিত যে, রজনের ন্যায় একরূপ পদার্থ রেশমী কাপড়ে ঘষিলে লঘু দ্রব্য আকর্ষণ করিতে পারে। প্রায় তিন শত বৎসর হইল, ডাক্তার গিলবার্ট আবিষ্কার করেন যে গন্ধক, লাক্ষা, কাচ প্রভৃতি অপর অনেক পদার্থেরও ঐরূপ শক্তি জন্মে। কিন্তু বর্ত্তমান উনবিংশ শতাব্দীতেই তড়িৎ-বিষয়ক জ্ঞান অতি দ্রুত বেগে বাড়িতেছে।

একটী কাচদণ্ড ও একখানি রেশমী কাপড় অগ্নিতে শুষ্ক করিয়া কাচদণ্ডের গায়ে রেশমী কাপড় দিয়া ঘষিলে, কাচদণ্ডের একটী শক্তি জন্মে। ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কাগজের টুক্‌রার উপর কাচ-দণ্ডের ঘর্ষিত অংশ ধরিলে, কাগজের টুক্‌রাগুলি কাচদণ্ডের দিকে আকৃষ্ট হইতে থাকে। কিন্তু কাচদণ্ডের অঘর্ষিত অংশের এরূপ কোন শক্তি থাকে না এবং ঘর্ষিত অংশ হইতে ঐ শক্তি অঘর্ষিত অংশে পরিচালিতও হইতে পারে না। এই জন্য তড়িতের পক্ষে কাচ **অপরিচালক।**

এক প্রকার যন্ত্র আছে, তাহাতে তড়িৎ সঞ্চিত রাখা যায়; ইহার নাম তাড়িতযন্ত্র। উহাতে ধাতুময় একটী বিস্তৃত পাত্র থাকে, তাহাতেই তড়িৎ সঞ্চিত থাকে। কোন পদার্থ স্পর্শ

করিলে, ঐ পাত্র তাহাতে তড়িৎ পরিচালিত করে বলিয়া, উহার নাম পরিচালক-পাত্র। এই পরিচালক-পাত্রে একটী ধাতুময় দণ্ড দ্বারা স্পর্শ করিলে, ঐ দণ্ডে পূর্ব্বোক্ত কাচের ন্যায় একই প্রকার শক্তি সঞ্চারিত হয়; উহা দ্বারাও ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কাগজের টুক্‌রা আকৃষ্ট হয়। কিন্তু দণ্ডটীর যে অংশ তাড়িত-যন্ত্রের পরিচালক-পাত্রে স্পর্শ করে, কেবল সেই অংশেই যে ঐ শক্তি জন্মে, তাহা নহে; ঐ শক্তি দণ্ডটীর সর্ব্বাঙ্গে পরিচালিত হয়। সুতরাং তড়িতের পক্ষে ধাতু **পরিচালক**। তাপ ও তড়িৎ উভয়ই ধাতুর উপর সহজেই চলিতে পারে, কিন্তু কাচের উপর পারে না। তাড়িত-যন্ত্র হইতে কোন ধাতুময় দণ্ডে তড়িৎ সঞ্চার করিতে হইলে দণ্ডের যে অংশ হস্ত দ্বারা ধরিতে হয়, তাহা কাচ-নির্ম্মিত হওয়া আবশ্যক। ইহাতে, দণ্ডটীর ধাতুময় অংশে তড়িৎ সঞ্চারিত হইলে, উহা ঐ অংশেই সঞ্চিত থাকে, কাচময় অংশে পরিচালিত হইতে পারে না। যদি ধাতুময় অংশে তোমার কোন অঙ্গ স্পর্শ হয়, তাহা হইলে সঞ্চারিত তড়িৎ তোমার শরীর বহিয়া পৃথিবীতে চলিয়া যাইবে, সুতরাং দণ্ডে তড়িৎ সঞ্চিত হইতে পারিবে না। অঙ্গার, অম্ল, জল, প্রাণিশরীর, ইহারা তড়িৎ-পরিচালক, কিন্তু ধাতুর মত নহে। রবার, শুষ্ক বায়ু, রেশম, কাচ, গন্ধক, মোম, পাত গালা, ইহারা অত্যন্ত অপরিচালক।

তড়িদ্বিষয়ক পরীক্ষা সুসিদ্ধ করিতে হইলে, শুষ্ক বায়ুতে পরীক্ষা করা আবশ্যক, এবং তড়িৎ-যুক্ত পদার্থ কাচ-আধারের উপর রাখিতে হয়। ইহাতে চারিদিকে অপরিচালক পদার্থে পরিবেষ্টিত হওয়াতে তড়িৎ অপহৃত হইতে পারে না।

১৫৮। তড়িৎ দুই প্রকার।—৩৭শ চিত্রে একটী ক্ষুদ্র শোলার বাঁটুল কাচদণ্ডের মুখে রেশমী সূত্র দ্বারা ঝুলান রহিয়াছে। একটী কাচদণ্ড রেশমী বস্ত্রে ঘষিয়া তড়িৎ-যুক্ত করিয়া ঐ বাঁটুলের গায়ে লাগাইলে, কিঞ্চিৎ তড়িৎ কাচ হইতে বাঁটুলে চালিত হইবে। কাচ-আধার, রেশমী সূত্র এবং শুষ্ক বায়ু অপরিচালক পদার্থ বলিয়া বাঁটুলের তড়িৎটুকু কোথাও পরিচালিত হইতে পারিবে না, সুতরাং ঐ বাঁটুলেতেই রহিয়া যাইবে। কাচদণ্ডের সংস্পর্শে কিঞ্চিৎ তড়িৎ বাঁটুলে প্রবিষ্ট হইলে, বাঁটুলটী আর কাচদণ্ডের দিকে আকৃষ্ট হইবে না, বরং কাচদণ্ড হইতে বিপরীত দিকে তাড়িত হইবে। এইবারে একটী

৩৭শ চিত্র।

লাক্ষাদণ্ড শুষ্ক ফ্লানেলে ঘর্ষণ করিয়া, ঐ শোলার বাঁটুলের নিকটে লইয়া যাও। এখন বাঁটুলটী লাক্ষাদণ্ডের দিকে আকৃষ্ট হইবে। বাঁটুলটী ঘর্ষিত কাচদণ্ড হইতে পূর্বে তাড়িত হইয়াছিল, এখন ঘর্ষিত লাক্ষাদণ্ডের দিকে আকৃষ্ট হইল।

আমরা যদি প্রথমে ঘর্ষিত কাচ না দিয়া ঘর্ষিত লাক্ষা দিয়া শোলার বাঁটুলটী স্পর্শ করিতাম, তাহা হইলে ঘর্ষিত লাক্ষা হইতে বাঁটুলটী তাড়িত হইত, এবং ঘর্ষিত কাচের দিকে আকৃষ্ট হইত।

এই পরীক্ষা হইতে বুঝা যাইতেছে যে, **তড়িৎ দুই প্রকার;** ঘর্ষিত কাচ হইতে এক প্রকার উৎপন্ন হয়, এবং ঘর্ষিত লাক্ষা হইতে অপর প্রকার উৎপন্ন হয়।

যখন ঘর্ষিত কাচদণ্ড শোলার বাঁটুলটীর গায়ে লাগিয়াছিল, তখন কাচের কিয়দংশ তড়িৎ ঐ বাঁটুলে সঞ্চারিত হইয়াছিল। তড়িৎ-সঞ্চারের পরই ঘর্ষিত কাচ কর্ত্তৃক বাঁটুলটী তাড়িত হইল। ইহাতে আমরা অবশ্যই বুঝিব যে, **একই প্রকারের তড়িৎ-যুক্ত হইলে, পদার্থ সকল পরস্পরকে তাড়িত করে।** আবার ঘর্ষিত কাচ হইতে তড়িৎ-প্রাপ্ত বাঁটুল ঘর্ষিত লাক্ষার দিকে আকৃষ্ট হয়, অথবা ঘর্ষিত লাক্ষা হইতে তড়িৎ-প্রাপ্ত বাঁটুল ঘর্ষিত কাচের দিকে আকৃষ্ট হয়। ইহাতে আমরা অবশ্যই বুঝিব যে, **ভিন্ন প্রকারের তড়িৎ-যুক্ত হইলে পদার্থ সকল পরস্পরকে আকর্ষণ করে।**

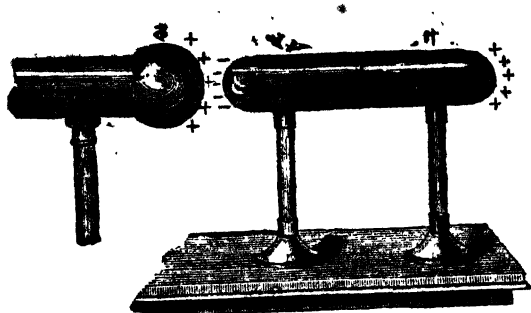
১৫৯। উভয় প্রকার তড়িৎ অঘর্ষিত পদার্থে মিশ্রিত হইয়া থাকে।—প্রত্যেক পদার্থে দুই প্রকার তড়িৎ মিশ্রিত হইয়া থাকে; ঘর্ষণ করিলে মিশ্রিত তড়িদ্দ্বয় বিচ্ছিন্ন হইয়া পৃথক্ হইয়া পড়ে। ফ্লানেল দিয়া একখণ্ড লাক্ষা ঘষিলে এক প্রকার তড়িৎ লাক্ষায় ও অপর প্রকার

তড়িৎ ফ্লানেলে যায়। রেশমী কাপড় দিয়া কাচখণ্ড ঘষিলে এক প্রকার তড়িৎ কাচে ও অপর প্রকার তড়িৎ রেশমে যায়। যেখানে ঘর্ষণ দ্বারা তড়িৎ উৎপন্ন হইবে, সেই খানেই এইরূপ হইবে। আবার, **এক প্রকার তড়িৎ যতটুকু উৎপন্ন হইবে, অপর প্রকার তড়িৎ ঠিক্ ততটুকু উৎপন্ন হইবে।** প্রত্যুত, আমরা তড়িৎ **উৎপাদন** করিতে পারি না, কেবল মিশ্রিত তড়িৎকে **বিশ্লিষ্ট** করিয়া থাকি।

রেশম দিয়া কাচদণ্ড ঘষিলে কাচে যে তড়িৎ জন্মে, তাহাকে (Positive—পজিটিভ) **পুষ্ট তড়িৎ**; এবং ফ্লানেল দিয়া লাক্ষদণ্ড ঘষিলে লাক্ষাতে যে তড়িৎ জন্মে, তাহাকে (Negative—নেগেটিভ)। **ক্ষীণ তড়িৎ** বলে। দুই প্রকার তড়িতের নাম দিবার জন্যই পুষ্ট ও ক্ষীণ শব্দ ব্যবহৃত হয়, নতুবা অন্য কোন উদ্দেশ্য নাই। পুষ্ট তড়িৎ (+) যোগের চিহ্ন এবং ক্ষীণ তড়িৎ (−) বিয়োগের চিহ্ন দ্বারা প্রকাশিত হয়।

১৬০। **অজ্ঞাততড়িৎ পদার্থের উপর জাততড়িৎ পদার্থের ক্রিয়া।**—যে পদার্থে তড়িদ্দ্বয় মিশ্রিতাবস্থায় থাকে, তাহাতে তড়িতের কোন ক্রিয়া হইতে দেখা যায় না বলিয়া, তাহার নাম **অজাততড়িৎ,** আর যে পদার্থে তড়িদ্দ্বয় বিশ্লিষ্ট হওয়াতে পুষ্ট কিংবা ক্ষীণ তড়িতের ক্রিয়া আরম্ভ হয়, তাহাকে **জাততড়িৎ** পদার্থ বলা যায়।

আমরা দেখিয়াছি যে, দুইটী পদার্থে একই প্রকারের তড়িৎ থাকিলে উহারা পরস্পরকে তাড়িত করে, আর ভিন্ন

প্রকারের তড়িৎ থাকিলে পরস্পরকে আকর্ষণ করে। এখন নিম্ন-লিখিত পরীক্ষাতে কিরূপ ব্যাপার হয় দেখ। ক (৩৮শ চিত্র)

৩৮শ চিত্র।

একটী পিত্তলের শূন্যগর্ভ বৃহৎ গোলক, উহার বাম দিকে যে চোঙ্‌টী রহিয়াছে, উহাও পিত্তলের। একটী কাচনির্ম্মিত দণ্ডের উপর ঐ চোঙ্‌ ও গোলক ধৃত রহিয়াছে। খ ও গ দুইটী পাত্র, উহাদের উপরিভাগ পিত্তল-নির্ম্মিত। এই দুইটী পাত্র চিত্রস্থ রেখাতে মুখে মুখে মিলিত হইয়াছে; ইহারাও কাচদণ্ডের উপর ধৃত। ক, খ ও গ কাচদণ্ডের উপর ধৃত থাকাতে, উহাদিগের উপর তড়িৎ সঞ্চার হইলে, তাহা চলিয়া যাইতে পারে না।

মনে কর, ক তে পুষ্ট তড়িৎ সঞ্চারিত রহিয়াছে, কিন্তু খ ও গ অজাততড়িৎ। এখন খ ও গকে ক র দিকে সরাইয়া লইয়া চল। খ ও গ অজাততড়িৎ, সুতরাং উহাদের মধ্যে পুষ্ট ও ক্ষীণ তড়িৎ মিশ্রিতাবস্থায় রহিয়াছে। উহারা ক র নিকট ঘেঁসিয়া আসিলে, একটু অধিক ফাঁক থাকিতে, ক র

পুষ্ট তড়িতের নিকটবর্ত্তী হওয়াতে, খ র মিশ্রিত তড়িৎ বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্ষীণ তড়িৎটুকু ক র অভিমুখী হইবে; এবং পুষ্ট তড়িৎ-টুকু গ র দূরবর্ত্তী প্রান্তে পলায়ন করিবে (চিত্র দেখ)। কিন্তু ক ও খ র মধ্যে একটু অধিক ফাঁক থাকাতে, খ র বিশ্লিষ্ট ক্ষীণ তড়িৎটুকু ক র পুষ্ট তড়িতের সঙ্গে মিলিত হইতে পারিবে না। সুতরাং ক র পুষ্ট তড়িৎ একটুও কমিবে না। চিত্রে পুষ্ট তড়িৎ যোগের চিহ্ন (+) এবং ক্ষীণ তড়িৎ বিয়োগের চিহ্ন (—) দ্বারা প্রকাশিত হইয়াছে।

এখন গ কে খ হইতে এবং তৎপরে খ কে ক হইতে সরাইয়া লইলে, আমরা খ তে খানিকটা ক্ষীণ তড়িৎ এবং গ তে খানিকটা পুষ্ট তড়িৎ অমিশ্রিত অবস্থায় পাইব। কিন্তু ক তে পূর্ব্বের ন্যায় সমান পরিমাণ পুষ্ট তড়িৎ থাকিবে।

আমরা ক র তড়িতের সাহায্যে খ ও গ র কিয়দংশ পুষ্ট ও ক্ষীণ তড়িৎ বিশ্লিষ্ট করিয়া ফেলিলাম। একটু দূর হইতে ক র তড়িৎ খ ও গ র তড়িৎকে এইরূপে বিশ্লিষ্ট করিলে, **তড়িৎ সঞ্চারণ** বলে।

১৬১। **তাড়িত স্ফুলিঙ্গ**।—উপরের পরীক্ষাতে খ তে ক্ষীণ এবং গ তে পুষ্ট তড়িৎ সঞ্চারিত হইয়াছে। এখন খ ও গ কে আস্তে আস্তে ক র কাছে সরাইয়া লইয়া যাও। যখন ক ও খ অত্যন্ত নিকটবর্ত্তী হইবে, মধ্যে ঈষৎ একটু বায়ুর ব্যবধান মাত্র থাকিবে, তখন ক র পুষ্ট তড়িৎ এবং খ র ক্ষীণ তড়িৎ দ্রুতবেগে মিলিত হইয়া একটী স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন করিবে। ইহাতে এই ফল হইল যে, খ র সমস্ত ক্ষীণ তড়িৎ এবং ক র

পুষ্ট তড়িতের কিয়দংশ অপহৃত হইল—উহাই মিলিত হইয়া স্ফুলিঙ্গাকারে পরিণত হইয়াছে। এখন খ ও গ-কে সরাইয়া লইলে গ-তে পূর্ব্বে যে পুষ্ট তড়িৎ টুকু বিশ্লিষ্ট ছিল, তাহাই রহিয়া গেল। ক যতটুকু পুষ্ট তড়িৎ হারাইয়াছে, গ-তে ঠিক্ ততটুকু বিশ্লিষ্ট পুষ্ট তড়িৎ বাড়িয়াছে।

দুই খানি মেঘের এক খানিতে পুষ্ট তড়িৎ ও অন্য খানিতে ক্ষীণ তড়িৎ অধিক পরিমাণে সঞ্চিত হইলে, ঐ উভয় তড়িৎ মিলিত হইবার সময় যে তাড়িত স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হয়, তাহাকেই **বিদ্যুৎ** কহে। তাড়িত স্ফুলিঙ্গ কয়েক ইঞ্চ মাত্র দীর্ঘ হয়, বিদ্যুৎ অনেক মাইল দীর্ঘ হইতে পারে। বিদ্যুৎপ্রকাশের সময় গুড় গুড় শব্দ হইতে থাকে। বায়ুমণ্ডলের যে ভাগে বিদ্যুৎ চলে, সেই ভাগের অণুগুলি অত্যন্ত দ্রুতবেগে আন্দোলিত হয়, তাহাতেই ঐরূপ শব্দ হয়।

১৬২। **সূক্ষ্মাগ্র পদার্থের ক্রিয়া।**—কোন বস্তু ঘর্ষণ করিয়া তড়িৎ উৎপন্ন করিলে, সমুদয় তড়িৎ ঐ বস্তুর উপরিভাগে ব্যাপিয়া থাকে। একটী পিত্তলের গোলা নিরেট হইলেও যত তড়িৎ ধারণ করিতে পারে, ফাঁপা হইলেও তত তড়িৎ ধারণ করিতে পারে। কিন্তু কোন দিকে একটী সূক্ষ্মাগ্র অংশ থাকিলে সেই অংশেই অধিক তড়িৎ সঞ্চিত হয়। আবার কোন বস্তুতে যখন তড়িৎ জমিতেছে, তখন উহার সন্নিকটে অপর বস্তুর সূক্ষ্মাগ্র অংশ ধরিলে ঐ অংশ প্রথম

বস্তুর তড়িৎকে এত দ্রুতবেগে আকর্ষণ করিয়া লইতে থাকে যে, অধিক তড়িৎ জমিতে পারে না। আমরা পূর্ব্বেই বলিয়াছি যে, দুইটী নিকটবর্ত্তী পদার্থে দুই প্রকার তড়িৎ অধিক পরিমাণে জমিলে, ঐ উভয় তড়িৎ মিলিত হইবার সময় তাড়িত স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হয়। কিন্তু দুইটী পদার্থের একটীতে যদি সূক্ষ্মাগ্র অংশ থাকে, তাহা হইলে স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন হয় না; কারণ, ঐ সূক্ষ্মাগ্র অংশ দ্বারা অপর পদার্থের তড়িৎ দ্রুতবেগে আকৃষ্ট হইতে থাকে। উহা অধিক পরিমাণে না জমিলে স্ফুলিঙ্গ হইতে পারে না।

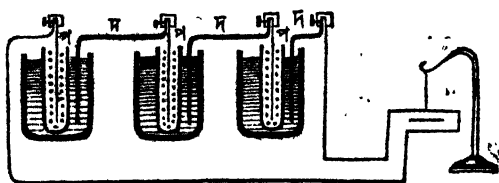
সূক্ষ্মাগ্র পদার্থের এই ধর্ম্মক্রমেই **বিদ্যুৎ-পরিচালকের** কার্য্য হয়। তড়িৎ-সঞ্চারণ কিরূপে হয়, তাহা ৩৮শ চিত্রে দেখান হইয়াছে। কোন পদার্থে পুষ্ট কি ক্ষীণ তড়িৎ অধিক পরিমাণ সঞ্চিত থাকিলে, নিকটবর্ত্তী অজাততড়িৎ পদার্থের মিশ্রিত তড়িৎ বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়; এবং প্রথম পদার্থে পুষ্ট তড়িৎ থাকিলে দ্বিতীয় পদার্থের ক্ষীণ ও প্রথম পদার্থে ক্ষীণ তড়িৎ থাকিলে দ্বিতীয় পদার্থের পুষ্ট তড়িৎ পরস্পর অভিমুখী হয়। মেঘ ও পৃথিবীর মধ্যে এইরূপ সঞ্চারণক্রিয়া সর্ব্বদাই ঘটে। ভূপৃষ্ঠের নিকটবর্ত্তী একখানি মেঘে এক প্রকার তড়িৎ অধিক পরিমাণ জমিলে, উহার বিপরীত তড়িৎ ভূপৃষ্ঠের মিশ্রিত তড়িৎ হইতে বিশ্লিষ্ট হইয়া মেঘের তড়িতের অভিমুখী হয়। এই দুই তড়িৎ মিলিত হইলেই বিদ্যুৎ-প্রকাশের সঙ্গে বজ্রপাত হয়; এবং তড়িদ্দ্বয়ের মিলনপথে বৃক্ষ, অট্টালিকা, মনুষ্য প্রভৃতি যাহা পড়ে, তাহা ভস্মীভূত ও ভগ্ন হইয়া যায়। এক কালে অধিক পরিমাণে তড়িৎ মিলিত হইতে পাইলেই, মিলনপথের

দ্রব্য সকল চূর্ণ বিচূর্ণ করিয়া ফেলে। যাহাতে মেঘ ও ভূপৃষ্ঠের উভয় তড়িৎ এক কালে অধিক পরিমাণ মিলিত হইতে না পারে, তাহার উপায় করিতে পারিলেই বজ্রপাতের ভয় নিবারিত হয়। এই কারণে অট্টালিকার পার্শ্বে ধাতুময় শীক লাগান থাকে। শীকের নিম্ন দিক্ ভূমিতে প্রোথিত থাকে এবং অগ্রভাগ অতি সূক্ষ্ম। অট্টালিকার উপর দিয়া যে মেঘ যায়, তাহার সঞ্চিত তড়িৎ নিস্তব্ধে এই শীক দিয়া ভূপৃষ্ঠের তড়িতের সহিত মিশিতে থাকে, সুতরাং বজ্রপাতের আশঙ্কা থাকে না। এইরূপ শীককে **বিদ্যুৎ-পরিচালক** কহে।

১৬৩। তড়িৎ-যুক্ত পদার্থের কার্য্যকরী শক্তি।— তড়িৎ সম্বন্ধে এতদূর যাহা বলা গিয়াছে, তাহাতে বুঝা যাইতেছে যে, তড়িতের কার্য্যকরী শক্তি আছে। মেঘ ও ভূপৃষ্ঠের তড়িৎ মিলিত হইবার সময় বিদ্যুৎ প্রকাশ হয় এবং বজ্রধ্বনি হইতে থাকে। বিদ্যুতের আলোক অত্যন্ত উজ্জ্বল। বিদ্যুতের তাপ অত্যন্ত অধিক না হইলে, কখনই উহার আলোক এত উজ্জ্বল হইত না। তাপের কার্য্যকরী শক্তি অনেক। সুতরাং তড়িদ্দ্বয় মিলিত হইবার সময়, তড়িৎ নামক কার্য্যকরী শক্তি তাপ নামক কার্য্যকরী শক্তিতে পরিণত হয়।

কার্য্য না হইলে কার্য্যকরী শক্তি উৎপন্ন হয় না। পূর্ব্বে দেখান হইয়াছে যে, ঘর্ষণ না করিলে কাচদণ্ড কি লাক্ষাদণ্ডে তড়িৎ উৎপন্ন হয় না। অতএব **কিছু না করিলে কিছু উৎপন্ন হয় না**। যদি কোন প্রকার কার্য্যকরী শক্তি চাও, আগে অগ্রে শ্রম অর্থাৎ কার্য্য কর।

যখন দুইটী বিপরীত তড়িৎ মিলিত হয়, তখন কার্য্যকরী শক্তির লোপ হয় না, কেবল তড়িৎ হইতে তাপে পরিবর্ত্তন ঘটে।

১৬৪। **তড়িৎ-প্রবাহ**।—বাত কি পক্ষাঘাত রোগ হইলে, বাটারি দিয়া রুগ্ন অঙ্গে তড়িৎ সঞ্চার করা হয়, তাহা অনেকেই শুনিয়াছেন। ৩৯শ চিত্রে এক প্রকার বাটারির প্রতিরূপ অঙ্কিত হইয়াছে। উহাতে তিনটী পাত্র দেখিতে পাইতেছ; এক একটী পাত্রকে এক একটী **কোষ** বলে। প্রত্যেক কোষের মধ্যে দুইটী পাত্র—একটী কাচনির্ম্মিত পাত্রের মধ্যে একটী মৃণ্ময় পাত্র (চিত্র দেখ)। কাচনির্ম্মিত বহিঃপাত্রে খানিকটা (Sulphuric acid—সল্‌ফিউরিক এসিড) গন্ধক-দ্রাবক (সচরাচর মহাদ্রাবক বলে) জলমিশ্রিত করিয়া ঢালিয়া দিয়া তাহাতে একখানি দস্তা ফলক ডুবান হয়; মৃণ্ময় পাত্রে খাঁটি (Nitric acid—নাইট্রিক এসিড্) যবক্ষার-দ্রাবক ঢালিয়া

৩৯শ চিত্র।

তন্মধ্যে একখানি প্লাটিনম্-ফলক ডুবান হয়। প্রত্যেক কোষের এইরূপ অবস্থা। এখন প্রথম কোষের প প্লাটিনম্-ফলক দ্বিতীয় কোষের দ দস্তা-ফলকের সঙ্গে এবং দ্বিতীয় কোষের প্লাটিনম্-

ফলক তৃতীয়-কোষের দস্তা-ফলকের সঙ্গে (চিত্র দেখ) মিলিত করিয়া দিলে ; আবার প্রথম কোষের দস্তা-ফলক ও তৃতীয় কোষের প্লাটিনম্-ফলক হইতে দুইটী তার আনিয়া মিলিত করিয়া দিলেই, বাটারির ক্রিয়া আরম্ভ হয়। ৩৯শ চিত্রে তিনটী মাত্র কোষ রহিয়াছে, ৫০ কি ১০০ কোষ লইয়াও বাটারি প্রস্তুত হইতে পারে। কেবল প্রত্যেক কোষের প্লাটিনম্-ফলক নিকটবর্ত্তী কোষের দস্তা-ফলকের সঙ্গে মিলিত থাকা আবশ্যক, এবং প্রান্তস্থ কোষদ্বয়ের একটীর দস্তা-ফলক ও অপরটীর প্লাটিনম্-ফলক হইতে দুইটী তার আসিয়া মিলিত হওয়া আবশ্যক। বাটারির যে দুই প্রান্ত স্থানে ঐ দুইটী তার সংলগ্ন থাকে, তাহাকে (Pole—পোল) **মেরু** বলে। যে প্রান্তে প্লাটিনম্-ফলক, তাহাকে (Positive Pole—পজিটিভ পোল) **পুষ্ট মেরু**, এবং যে প্রান্তে দস্তা-ফলক, তাহাকে (Negative Pole—নেগেটিভ পোল) **ক্ষীণ মেরু** কহে। বাটারিতে প্লাটিনম্ প্রান্তে পুষ্ট তড়িৎ উৎপন্ন হইয়া, **মেরু-তার** দিয়া দস্তা প্রান্তে আইসে, এবং তথা হইতে প্রত্যেক কোষ পরিভ্রমণ করিয়া পুনরায় প্লাটিনম্ প্রান্তে উপস্থিত হয়। ইহাকেই **তড়িৎ-প্রবাহ** বলে।

পূর্ব্ব পূর্ব্ব পরীক্ষায় যে তড়িতের বিষয় বলা হইয়াছে, তাহা পদার্থের ঘর্ষণ হইতে উৎপন্ন ; বাটারিতে যে তড়িৎ উৎপন্ন হয়, তাহা ঘর্ষণ হইতে নহে, রাসায়নিক ক্রিয়া হইতে হয়। রসায়ন শাস্ত্রে কিঞ্চিৎ অধিকার না থাকিলে, সে রাসায়নিক ক্রিয়া বুঝা কঠিন ; তজ্জন্য তদ্বিষয়ে কিছু বলা হইল না।

১৬৫। তড়িৎ-প্রবাহের শক্তি।—তড়িৎ-প্রবাহ হইতে নানা অদ্ভুত ব্যাপার সংঘটিত হইতেছে।

এক খণ্ড অতি সূক্ষ্ম প্লাটিনম্ তারের দুই প্রান্তে বাটারির মেরু-তারদ্বয় লাগাইয়া দিলে, তড়িৎ-প্রবাহে প্লাটিনম্ তার উত্তপ্ত হইয়া লালবর্ণ হইয়া উঠে। বাটারি বেশ বড় হইলে, উহার তড়িৎ-প্রবাহে এত উত্তাপ উৎপন্ন করিতে পারা যায় যে, অত্যন্ত কঠিন ধাতুও মুহূর্ত্ত মধ্যে গলিয়া যায়।

বাটারির মেরু-তারদ্বয়ের মুখে দুই টুকরা অঙ্গার বিদ্ধ করিয়া মধ্যে ঈষৎ ফাঁক রাখিয়া স্থিরভাবে ধরিলে অপূর্ব্ব আলোক প্রকাশ হয়।

বাটারির তারদ্বয় উত্তর দক্ষিণ দিক্ দিয়া একটী চুম্বকশলা-কার নিকট ধরিলে, উহা পূর্ব্ব পশ্চিমে ফিরিয়া যাইবে। ৩৯শ চিত্রে একটী চুম্বকশলাকা ঝুলান রহিয়াছে, উহা প্রথমতঃ উত্ত-রাভিমুখী থাকিবে। বাটারির তারদ্বয় মিলিত করিলে, যখন তারদ্বয়ের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চলিতে থাকিবে, তখন একটী তার ঐ শলাকার নিকটে ধরিলে, তার যে দিক্ দিয়া যাইবে, শলাকাটী তাহার লম্ব ভাবে ফিরিয়া দাঁড়াইবে। যদি বাটারির এক প্রান্ত হইতে তার খুলিয়া তড়িৎ-প্রবাহ ভাঙ্গিয়া দেওয়া যায়, তাহা হইলে শলাকাটী আবার পূর্ব্ববৎ উত্তরাভি-মুখী হইবে।

১৬৬। টেলিগ্রাফ—তাড়িতবার্ত্তাবহ।—পূর্ব্ব পরী-ক্ষাতে দেখান গিয়াছে যে, বাটারির দুইটী তার মিলিত করিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালিত করিলে, তারের নিকটবর্ত্তী চুম্বকশলাকা

বিক্ষিপ্ত হয়, এবং বাটারি হইতে একটী তার খুলিয়া লইলে, ঐ বিক্ষিপ্ত শলাকা পুনরায় পূর্ব্বাবস্থা প্রাপ্ত হয়। যদি চুম্বক-শলাকাটী বাটারি হইতে এক শত কি এক হাজার ক্রোশ দূরেও রাখা যায়, এবং বাটারির তারদ্বয় সেই পর্য্যন্ত লইয়া যাওয়া যায়, তাহা হইলেও শলাকাটীর ঐরূপ দিক্‌পরিবর্ত্তন ঘটিবে। স্থতরাং **একটী বাটারির মেরুতে তার মিলিত ও উহা হইতে স্খলিত করিয়া আমরা সহস্র ক্রোশ দূরবর্ত্তী একটী চুম্বকশলাকাকে নাড়িতে পারি।** যে **টেলিগ্রাফ** মুহূর্ত্ত মধ্যে আমাদিগকে বিলাতের সংবাদ আনিয়া দিতেছে, তাহার মূল মন্ত্র এই খানেই। আমরা ক খ প্রভৃতি অক্ষরের নির্দ্দিষ্ট আকৃতি স্থির করিয়া রাখিয়াছি; সেইরূপ চুম্বকশলাকার দিক্‌-পরিবর্ত্তন অবলম্বন করিয়া টেলিগ্রাফেরও বর্ণমালা প্রস্তুত হইয়াছে। মনে কর, শলাকাটী একবার এক দিকে এবং একবার বিপরীত দিকে যাইলে, A—এ ধরা হইল; একবার একদিকে এবং দুইবার বিপরীত দিকে যাইলে B—বি ধরা হইল। এইরূপে, টেলিগ্রাফ সম্বন্ধে সমগ্র ইংরাজি বর্ণমালা স্থিরীকৃত হইয়া গিয়াছে।

১৬৭। তাম্র, লৌহ, কি পিত্তল নির্ম্মিত পাত্র গিল্টি করিবার উপায়।—দ্রাবক সাহায্যে স্বর্ণ রৌপ্য কি তাম্রের জল প্রস্তুত করিয়া, মৃণ্ময় কি কাচপাত্রে রাখিয়া তন্মধ্যে গিল্টি করিবার দ্রব্যটী নিমগ্ন করিতে হয়। স্বর্ণল করিতে হইলে স্বর্ণের জলে দ্রব্যটী ডুবাইয়া, উহার সহিত একটী বাটারির ক্ষীণ মেরু সংযুক্ত করিয়া দিতে হয়; এবং পুষ্ট মেরুতে একখণ্ড স্বর্ণ

সংলগ্ন করিয়া ঐ স্বর্ণের জলে ডুবাইতে হয়। ইহাতে তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা স্বর্ণের জলের স্বর্ণ বিশ্লিষ্ট হইয়া গিল্টি করিবার দ্রব্যটীর উপর মণ্ডিত হইতে থাকে। রৌপ্যল করিতে হইলে, রৌপ্যের জল ও রৌপ্যখণ্ড লইতে হয়। তাম্রল করিতে হইলে তাম্রের জল ও তাম্রখণ্ড লইতে হয়।

তড়িৎ-প্রবাহ কত কার্য্য করিতে পারে তাহা দেখা গেল। প্লাটিনমের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ যাইলে উহা অত্যন্ত উত্তপ্ত হইয়া উঠে; অঙ্গারখণ্ডের মধ্য দিয়া যাইলে, প্রদীপ্ত আলোক উৎপন্ন হয়। আবার উহা দ্বারা অতি দূর দেশে সংবাদাদি পাঠাইবার উপায় উদ্ভাবিত হইয়াছে।

দশম অধ্যায়।

পদার্থবিদ্যার ভিত্তিভূমি।

১৬৮। পদার্থবিদ্যার ভিত্তিভূমি।—আমরা প্রথমে গতিশীল পদার্থ, তৎপরে কম্পমান পদার্থ, তৎপরে তাপপ্রাপ্ত পদার্থ, তৎপরে চৌম্বক-যুক্ত পদার্থ, এবং সর্ব্বশেষে তড়িৎ-যুক্ত পদার্থের কথা বলিয়াছি। আমরা বরাবর বুঝাইতে চেষ্টা করিয়াছি যে, কোন পদার্থের কার্য্যকরী শক্তির অপচয় হয় না। এই শক্তি এক পদার্থ হইতে অন্য পদার্থে যাইতে পারে, অথবা ভিন্ন ভিন্ন আকার পরিগ্রহ করিতে পারে। উহা গতি হইতে

শব্দ, তাপ, চৌম্বক কিংবা তড়িতে পরিণত হইতে পারে, কিন্তু উহার কখনই ধ্বংস নাই। পদার্থের একটী অণুও যেমন ধ্বংস হয় না, শক্তিও তেমনই কিছুমাত্র ধ্বংস হয় না।

পদার্থ নানা আকার ধারণ করিতে পারে, কিন্তু কখনই ধ্বংস হয় না, এই ভিত্তিভূমির উপর **রসায়নবিদ্যা** যেমন প্রতিষ্ঠিত; তেমনই পদার্থের কার্য্যকরী শক্তি নানা আকার পরিগ্রহ করিতে পারে, কিন্তু কখনই ধ্বংস হয় না, এই ভিত্তিভূমির উপর **পদার্থবিদ্যা** প্রতিষ্ঠিত।

সমাপ্ত।

কতকগুলি বিশেষরূপ মনে রাখিবার বিষয়।

পদার্থের সাধারণ ধর্ম্ম—বিস্তৃতি, স্থানাবরোধকতা, বিভাজ্যতা, অনশ্বরত্ব, সান্তরতা, আকুঞ্চনীয়তা, স্থিতিস্থাপকতা, নিশ্চেষ্টতা এবং ভার।

গতির তিনটী নিয়ম। ১ম।—কোন বল প্রযুক্ত না হইলে, যে জড়কণা স্থির হইয়া আছে, তাহা চিরদিনই স্থির থাকিবে, আর যে জড়কণা চলিতেছে, তাহা চিরদিনই সরল রেখাক্রমে সমভাবে চলিবে। ২য়।—কোন নিশ্চল কি সচল জড়কণার প্রতি একেবারে একাধিক বল প্রযুক্ত হইলে, প্রত্যেক বল পৃথক্ পৃথক্ প্রযুক্ত হইয়া সমবায়ে যে কার্য্য করিত, সমস্ত বলগুলির সঙ্ঘাত বল একাকী ঠিক্ সেই কার্য্য করিবে। ৩য়।—প্রত্যেক ক্রিয়ার একটী প্রতিক্রিয়া আছে। ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার কার্য্যপরিমাণ পরস্পর ঠিক্ সমান, কিন্তু কার্য্যদিক্ পরস্পর বিপরীত।

পাদার্থিক আকর্ষণের তিনটী নিয়ম। ১ম।—যত দূরবর্ত্তীই হউক, প্রকৃতির যাবতীয় পদার্থ পরস্পরকে আকর্ষণ করিতেছে; এই আকর্ষণ গুণে তাহারা ক্রমাগত পরস্পরের দিকে যাইতে চাহিতেছে। ২য়।—সমান দূরবর্ত্তী পদার্থ সকলের আকর্ষণপরিমাণ তাহাদের সকলের সামগ্রীপরিমাণের গুণফলের অনুরূপ। ৩য়।—সামগ্রীপরিমাণ সমান থাকিলে, দূরত্বের বর্গের বিপরীত অনুপাতে আকর্ষণের পরিমাণ হয়।

পতনশীল বস্তুর পড়িবার তিনটী নিয়ম। ১ম।—শূন্যস্থানে সকল পদার্থই সমান বেগে পড়ে। ২য়।—পড়িতে যত সময় লাগে, তাহার বর্গের অনুপাতেই পতনের দূরত্ব নিরূপিত হয়। ৩য়।—পড়িতে যত সময় লাগে, তাহারই অনুপাতে পতনশীল বস্তুর বেগ বৃদ্ধি হয়।

উপর হইতে একটী ঢিল পড়িলে প্রথম সেকেণ্ডে ১৬ ফুট পড়ে।

বিবিধ প্রকার বল:—আণবিক আকর্ষণ, আণবিক বিকর্ষণ, পদার্থের কেন্দ্রাপসারক ও কেন্দ্রাভিকর্ষক বল, পাদার্থিক আকর্ষণ, চৌম্বকাকর্ষণ, চৌম্বক বিকর্ষণ, তাড়িতাকর্ষণ, তাড়িত বিকর্ষণ ও ঘর্ষণ বল।

আণবিক আকর্ষণ তিন প্রকারে বিভক্ত :—সম সংহতি, বিষম সংহতি ও রাসায়নিক সংসক্তি। কৈশিকতা এবং অন্তর্ব্বাহ ও বহির্ব্বাহ সংহতির কার্য্য।

আণবিক বিকর্ষণের অপর নাম তাপ।

মাধ্যাকর্ষণ পাদার্থিক আকর্ষণের অন্তর্ভুক্ত।

কঠিন পদার্থের বিশেষ ধর্ম্ম :—টানসহত্ব, দৃঢ়তা, কোমলতা, ভঙ্গপ্রবণতা, আঘাতসহত্ব ও তান্তবতা।

ধাতুর মধ্যে ইস্পাত সর্ব্বাপেক্ষা শক্ত ও ভারসহ এবং স্বর্ণ ঘাতসহ। এক ঘন ইঞ্চ মাত্র স্বর্ণ পিটিলে এত বিস্তৃত হইতে পারে যে, উহাতে ৫০ ফুট দীর্ঘ ও ৪০ ফুট প্রস্থ একটী ঘরের মেজে মোড়া যাইতে পারে।

কঠিন পদার্থের মধ্যে হীরক সর্ব্বাপেক্ষা দৃঢ়, অর্থাৎ হীরক দ্বারা সকল পদার্থের উপর দাগ পাড়া যায়, কিন্তু কোন পদার্থই হীরকের উপর দাগ পাড়িতে পারে না।

দ্রব পদার্থের বিশেষ ধর্ম্ম :—(১) দ্রব পদার্থের উপরিভাগ সমতল। (২) উহা সহজেই আকৃতি পরিবর্ত্তন করে, কিন্তু আয়তন পরিবর্ত্তন করে না। (৩) উহা প্রায় অনাকুঞ্চনীয়। (৪) উহা চারিদিকে সমভাবে চাপ সঞ্চালন করে। (৫) দ্রব পদার্থের গভীরতা ও গাঢ়তা অনুসারে চাপের হ্রাসবৃদ্ধি হয়। (৬) দ্রব পদার্থের চাপ পাত্রের চাপপ্রাপ্ত অংশের বর্গ পরিমাণের সমানুপাতিক। (৭) কোন কঠিন পদার্থ দ্রব পদার্থে নিমগ্ন হইলে, তাহার সমায়তন দ্রব পদার্থ স্থানান্তরিত হয়; এবং ঐ স্থানান্তরিত দ্রব পদার্থের ভার যত, ঠিক্ তত ভার ঐ কঠিন পদার্থের ভার হইতে কমিয়া যায়।

বায়বীয় পদার্থের বিশেষ ধর্ম্ম :—(১) বায়বীয় পদার্থ যে পাত্রে রাখ, তাহাই পূর্ণ করিয়া ফেলে। (২) উহা অত্যন্ত আকুঞ্চনীয়, সুতরাং অত্যন্ত প্রসারণীয়। (৪) উহা চারিদিকে সমভাবে চাপ সঞ্চালন করে। (৪) বায়বীয় পদার্থের গভীরতা ও গাঢ়তা অনুসারে চাপের হ্রাসবৃদ্ধি হয়। (৫) বায়বীয় পদার্থের চাপ পাত্রের ঘনায়তনের বিপরীতানুপাতে হয়। (৬) কোন পদার্থ বায়বীয়

পদার্থে নিমগ্ন হইলে তাহার সমায়তন বায়বীয় পদার্থ স্থানান্তরিত হয়; এবং ঐ স্থানান্তরিত বায়বীয় পদার্থের যত ভার, ঠিক্ তত ভার ঐ নিমগ্ন পদার্থের ভার হইতে কমিয়া যায়।

তাপের ক্রিয়া :—(১) তাপে পদার্থকে প্রসারিত করে। (২) তাপে কঠিন পদার্থকে দ্রব এবং দ্রব পদার্থকে বাষ্প করে। (৩) সকল পদার্থেরই কঠিন হইতে দ্রব, এবং দ্রব হইতে বাষ্প হইবার সময় খানিকটা প্রচ্ছন্ন তাপ ব্যয়িত হয়। (৪) তাপে রাসায়নিক আকর্ষণের কার্য্যকে সাহায্য করে।

তাপের কার্য্যপ্রণালী তিন প্রকার :—পরিচালন, পরিবাহন বিকিরণ।

বিকীর্ণ তাপ ও আলোকের সরল গতি তিনটী কারণে পরিবর্ত্তিত হয় :—প্রতিক্ষেপ, পরিক্ষেপ ও বিবর্ত্তন।

এক ঘন ইঞ্চ পরিমাণ জলের ভার ২৫২$\frac{1}{2}$ গ্রেণ।

এক শত ঘন ইঞ্চ পরিমাণ বায়ুর ভার ৩১ গ্রেণ।

এক শত ঘন ইঞ্চ পরিমাণ অম্লাঙ্গারক বাষ্পের ভার ৪৭ গ্রেণ।

এক শত ঘন ইঞ্চ পরিমাণ অজনক বাষ্পের ভার ২ গ্রেণ।

নানা গ্রন্থকর্ত্তা কর্ত্তৃক ব্যবহৃত বৈজ্ঞানিক

বৈজ্ঞানিক শব্দ	অক্ষয় বাবু	মহেন্দ্র বাবু
অন্তর	ছিদ্র	ছিদ্র, অন্তর
অন্তর্দ্দাহ	অন্তর্দ্দাহ	অন্তর্দ্দাহ
অনশ্বরত্ব	অনশ্বরত্ব	অনশ্বরত্ব
অপরিচালক	অপরিচালক	অপরিচালক
অর্গল	—	অর্গল
অধিশ্রয়ণ বিন্দু	—	—
অস্থায়ী সাম্যভাব	—	অস্থায়ী সাম্যভাব
অস্বচ্ছ	অস্বচ্ছ	অস্বচ্ছ
আকুঞ্চনীয়তা	সংকোচ্যতা	আকুঞ্চনীয়তা
আকৃতি, আকার	আকৃতি	মূর্ত্তত্ব
আঘাতসহত্ব	ঘাতসহত্ব	আঘাতসহত্ব
আণবিক আকর্ষণ	আকর্ষণ	// আণবিক আকর্ষণ
আপতন কোণ	পাতিত কোণ	আপতন কোণ
আপেক্ষিক গুরুত্ব	আপেক্ষিক গুরুত্ব	আপেক্ষিক গুরুত্ব
আপেক্ষিক তাপ	আপেক্ষিক তেজ	আপেক্ষিক তেজ
আয়তন, পরিমাণ	আয়তন	আয়তন
উদাসীন সাম্যভাব	—	// উদাসীন সাম্যভাব
উদ্ভাসনী শক্তি	—	উৎক্ষেপক চাপ
উষ্ণতা	উষ্ণতা	উষ্ণতা
ঋজুগতি	সরল গতি	ঋজুগতি
কার্য্যকরী শক্তি	—	—
কুণ্ড	কুণ্ড	কন্দ
কেন্দ্রাভিকর্ষক বল	কেন্দ্রাভিকর্ষণী শক্তি	—

পারিভাষিক শব্দের তালিকা।

যোগেশ বাবু	উমেশ বাবু	সূর্য্য বাবু	ইংরাজি প্রতিশব্দ
অন্তর, ছিদ্র	রন্ধ্র	অন্তর, রন্ধ্র	Pores
—	—	অন্তর্স্রাহ	Endosmose
—	অনশ্বরত্ব	অনশ্বরত্ব	Indestructibility
অপরিচালক	অপরিচালক	অপরিচালক	Non-conductor
অর্গল	অর্গল	অর্গল	Piston
কিরণসমাহারকেন্দ্র	ফোকাস্	অধিশ্রয়ণবিন্দু	Focus
—	অস্থায়ীস্থিরভাব	অস্থায়ীসাম্যভাব	Unstable Equilibrium
অনচ্ছ	অস্বচ্ছ	—	Opaque
—	সঙ্কোচনত্ব	আকুঞ্চনত্ব	Compressibility
—	আকৃতি	—	Figure
—	ঘাতসহত্ব	ঘাতসহত্ব	Malleability
—	—	আণবিকআকর্ষণ	Molecular attraction
পতনকোণ	পতনকোণ	—	Angle of incidence
আপেক্ষিকগুরুত্ব	আপেক্ষিকগুরুত্ব	আপেক্ষিকভার	Specific gravity
আপেক্ষিকতাপ	আপেক্ষিক তেজ	বৈশেষিকতাপ	Specific heat
আয়তন	আয়তন	আয়তন	Volume
—	অটল স্থিরভাব	উদাসীনসাম্যভাব	Neutral Equilibrium
ঊর্দ্ধচাপ	ঊর্দ্ধচাপ	—	Buoyancy
উষ্ণতা	উষ্ণতা	উষ্ণতা	Temperature
—	—	সরলগতি	Rectilinear motion
—	—	শক্তি	Energy
কন্দ	কন্দ	কন্দ	Bulb
—	—	—	Centripetal force

বৈজ্ঞানিক শব্দ	অক্ষয় বাবু	মহেন্দ্র বাবু
কেন্দ্রাপসারক বল	কেন্দ্রাপসারিণী শক্তি	—
কৈশিকতা	✓ কৈশিকাকর্ষণ	কৈশিকতা
কোমলতা	কোমলত্ব	কোমলত্ব
কোষ	—	কোষ
ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া	ঘাত প্রতিঘাত	ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া
ক্ষীণতড়িৎ*	—	পরাতড়িৎ
গাঢ়তা	ঘনত্ব	ঘনত্ব
গ্যাস	—	বায়ু
ঘর্ষণ	ঘর্ষণ	সংঘর্ষণ
চক্রাবর্ত্ত	চক্রাবর্ত্ত	—
চাপ	—	চাপ
চুম্বক	চুম্বক	অয়স্কান্ত
চোরা কবাট	—	কপাট
জল শোধন	—	—
জলোত্তোলন যন্ত্র	—	জলোত্তোলন যন্ত্র
টানসহত্ব	ছিন্নাবরোধকতা	টানসহত্ব, ভারসহত্ব
তরল পদার্থ*	—	—
তড়িৎ	✓ তাড়িত	তাড়িত
তান্তবতা	✓ তান্তবতা	তান্তবতা
তাপ	তেজ	তাপ, তেজ
তাপাংশ	✓ তাপাংশ	তাপাংশ
তাপমান	✓ তাপমান	তাপমান

* প্রকৃতিবাদ অভিধান দেখ।

যোগেশ বাবু	উমেশ বাবু	সূর্য্য বাবু	ইংরাজি প্রতিশব্দ
—	—	—	Centrifugal force
—	কৈশিকতা	কৈশিকতা	Capillarity
—	—	—	Softness
কোষ	—	—	Cell
—	ক্রিয়া ও প্রতি-ক্রিয়া	ক্রিয়া ও প্রতি-ক্রিয়া	Action and re-action
বিয়োগ তাড়িত	বিয়োগাত্মক তাড়িত	বিষমতাড়িত	Negative electricity
—	ঘনত্ব	ঘনত্ব	Density
গ্যাস্	গ্যাস্	বায়ু	Gas
—	—	—	Friction
—	—	—	Circular motion
চাপ	চাপ	চাপ	Pressure
চুম্বক.	চুম্বক	চুম্বক লৌহ	Magnet
কবাট	কবাট	কবাট	Valve
—	—	—	Filtration
জলতোলা চুষীকল	জলতোলা কল	জলোত্তোলন যন্ত্র	Water-pump
—	—	টানসহত্ব	Tenacity
—	তরল পদার্থ	—	Fluids
তাড়িত	তাড়িত	তাড়িত	Electricity
—	তান্তবতা	তান্তবতা	Ductility
তাপ	তাপ	তাপ	Heat
তাপাংশ	তাপাংশ	তাপাংশ	Degree
তাপমান	তাপমান	তাপমান	Thermometer

বৈজ্ঞানিক শব্দ	অক্ষয় বাবু	মহেন্দ্র বাবু
তাপ সঞ্চালন	—	তাপ সঞ্চালন
তাড়িত বার্ত্তাবহ	—	—
ত্রিশির কাচ	—	ত্রিশির কাচ
দিগ্দর্শন	দিগ্দর্শন	দিগ্দর্শন
দূরবীক্ষণ	—	—
দৃষ্টিকাচ	—	—
দৃঢ়তা	কঠিনত্ব	কঠোরত্ব
দোলায়মান গতি	পরিদোলন	পরিদোলন
দ্রব*	তরল, দ্রব	তরল, দ্রব
দ্রবণাঙ্ক	—	দ্রবণাঙ্ক
নিরপেক্ষ গতি	অনপেক্ষ গতি	নিরপেক্ষ গতি
নিশ্চেষ্টতা	✓ জড়ত্ব	জড়ত্ব, নিশ্চেষ্টত্ব
নিষ্প্রভ	—	নিষ্প্রভ
পদার্থবিদ্যা	পদার্থবিদ্যা	পদার্থবিদ্যা
পরিক্ষেপ	—	পরিক্ষেপ
পরিচালক	পরিচালক	পরিচালক
পরিচালন	পরিচালন	পরিচালন
পরিদোলক	পরিদোলক	পরিদোলক
পরিবাহন	—	পরিবাহন
পাদার্থিক আকর্ষণ	—	মহাকর্ষণ, সঙ্কর্ষণ
পুষ্ট তড়িৎ*	—	পর তড়িৎ

* প্রকৃতিবাদ অভিধান দেখ।

যোগেশ বাবু	উমেশ বাবু	সূর্য্য বাবু	ইংরাজি প্রতিশব্দ
তাপ সঞ্চালন	—	তাপসঞ্চালন	Distribution of heat
তাড়িত বার্ত্তাবহ	—	তাড়িত বার্ত্তাবহ	Telegraph
ত্রিপার্শ্ব কাচ	ত্রিপার্শ্ববিশিষ্ট কাচ	ত্রিপার্শ্ববিশিষ্ট কাচ	Prism
দিগ্দর্শন	দিগ্দর্শন	—	Compass, mariner's
দূরবীক্ষণ	দূরবীক্ষণ	দূরবীক্ষণ	Telescope
দৃষ্টিকাচ	পুটাকার দর্পণ	যবাকারকাচ	Lens
—	কাঠিন্য	কাঠিন্য	Hardness
—	দোলন	—	Oscillation
তরল	তরল	তরল	Liquids
দ্রবণাঙ্ক	দ্রবণাঙ্ক	দ্রবণ বিন্দু	Melting point
—	—	নিরপেক্ষ গতি	Absolute motion
জড়ত্ব	জড়ত্ব	জড়ত্ব	Inertia
পর প্রকাশ	—	—	Non-luminous
পদার্থ বিজ্ঞান	—	প্রকৃতি বিজ্ঞান	Physics
পরিব্যাপ্তি	—	—	Diffusion of heat of light.
পরিচালক	পরিচালক	পরিচালক	Conductors
পরিচালন	পরিচালন	পরিচালন	Conduction
—	পরিদোলক	পরিদোলক	Pendulum
পরিবাহন	পরিবাহন	পরিবাহন	Convection
—	মহাকর্ষণ	মহাকর্ষণ	Gravitation, Universal attraction
সংযোগ তাড়িত	সংযোগাত্মক তাড়িত	সমতাড়িত	Positive electricity

বৈজ্ঞানিক শব্দ	অক্ষয় বাবু	মহেন্দ্র বাবু
প্রকৃত প্রতিরূপ	—	—
প্রক্ষেপক যন্ত্র	প্রক্ষেপিকা শক্তি	—
প্রচ্ছন্ন তাপ	—	অপ্রত্যক্ষ গূঢ় তেজ
প্রতিক্ষেপ	পরাবর্ত্তন	প্রতিফলন
প্রতিক্ষেপ কোণ	পরাবর্ত্তিত কোণ	প্রতিফলন কোণ
প্রতিক্ষেপক দর্পণ	—	—
প্রদর্শক	—	—
প্রসারণ	বিস্তার, বৃদ্ধি	প্রসারণ
প্রসারণীয়তা	বিস্তার্য্যতা	প্রসারণীয়তা
বল	শক্তি	বল
বল বিঘাত	—	বল বিঘাত
বাধা	—	—
বাষ্প	বাষ্প	বাষ্প
বাষ্প নিঃসরণ	—	বাষ্প নিঃসরণ
ভারকেন্দ্র	✓ ভারকেন্দ্র	ভারকেন্দ্র
ভূয়ঃকম্পন	—	অনুরণণ, আন্দোলন
মাধ্যাকর্ষণ	মাধ্যাকর্ষণ	মাধ্যাকর্ষণ
মিশ্র পদার্থ	—	মিশ্র পদার্থ
মূল বা রূঢ় পদার্থ	রূঢ় পদার্থ	মূল পদার্থ
মেরু	—	মেরু
যৌগিক পদার্থ	যৌগিক পদার্থ	যৌগিক পদার্থ
রাসায়নিক সংসক্তি*	রাসায়নিক আকর্ষণ	রাসায়নিক সম্বন্ধ

যোগেশ বাবু	উমেশ বাবু	সূর্য্য বাবু	ইংরাজি প্রতিশব্দ
—	—	—	Positive photograph
—	—	—	Projectile force
প্রচ্ছন্নতাপ	প্রচ্ছন্নতাপ	প্রচ্ছন্নতাপ	Latent heat
পরাবর্ত্তন	দিক্‌পরিবর্ত্তন	প্রতিফলন	Reflection of heat, light or motion
পরাবর্ত্তন কোণ	প্রতিফলনকোণ	—	Angle of reflection
—	—	পুটাকার দর্পণ	Reflectors
—	—	—	Pointer
প্রসারণ	প্রসারণ	প্রসারণ	Expansion
—	প্রসারণত্ব	প্রসারণত্ব	Expansibility
বল	বল	বল	Forces
—	—	—	Decomposition of forces
—	—	—	Resistance
বাষ্প	বাষ্প	বাষ্প	Vapour
—	বাষ্পনিঃসরণ	উচ্ছোষণ	Evaporation
ভারকেন্দ্র	ভারকেন্দ্র	ভারকেন্দ্র	Centre of gravity
কম্পন	—	আন্দোলন	Vibration
মাধ্যাকর্ষণ	মাধ্যাকর্ষণ	মাধ্যাকর্ষণ	Gravity
—	—	—	Mixed bodies
মৌলিক পদার্থ	মৌলিক পদার্থ	মৌলিক, মূল-পদার্থ	Elementary bodies
ধ্রুব	কেন্দ্র	কেন্দ্র	Poles of battery, magnetic
যৌগিক পদার্থ	যৌগিকপদার্থ	যৌগিক পদার্থ	Compound bodies
—	—	রাসায়নিক সম্বন্ধ	Chemical attraction

বৈজ্ঞানিক শব্দ	অক্ষয় বাবু	মহেন্দ্র বাবু
বক্রগতি	বক্রগতি	বক্রগতি
বক্রনালী যন্ত্র	—	বক্রনালী যন্ত্র
বর্দ্ধমান গতি	/ বিবৃদ্ধ গতি	বর্দ্ধমান বেগ
বহির্ব্বাহ	বহির্ব্বাহ	বহির্ব্বাহ
বাণিজ্যবায়ু	—	—
বারিঘটিত পেষণ যন্ত্র	—	বারিঘটিত পেষণ যন্ত্র
বারিঘটিত সমতল-নিরূপক যন্ত্র	—	—
বারিমাণ যন্ত্র	—	বারিমাণ যন্ত্র
বারিমাপক তুলাদণ্ড	—	বারিমাপক তুলাদণ্ড
বায়বীয় পদার্থ	বায়ুবৎ পদার্থ	বায়বীয় পদার্থ
বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্র	বাতনির্য্যাণ যন্ত্র	বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্র
বায়ুমান যন্ত্র	—	বায়ুমান যন্ত্র
বিকর্ষণ	বিয়োজন	বিকর্ষণ
বিকিরণ	বিকিরণ	বিকিরণ
বিপরীত প্রতিরূপ	—	—
বিপুলদর্শক কাচ	—	—
বিবর্ত্তন	—	বিবর্ত্তন
বিভাজ্যতা	বিভাজ্যতা	বিভাজ্যত্ব
বিষম গতি	বিষম গতি	বিষম বেগ
বিষম সংহতি	বিষম যোগাকর্ষণ	সংসক্তি
বিস্তৃতি	বিস্তৃতি	স্থানব্যাপকত্ব
বেগ	বেগ	বেগ

* প্রকৃতিবাদ অভিধান দেখ।

যোগেশ বাবু	উমেশ বাবু	সূর্য্য বাবু	ইংরাজি প্রতিশব্দ
—	—	বক্রগতি	Curvilinear motion
বক্রনালী যন্ত্র	বক্রনালী যন্ত্র	বক্রনালী যন্ত্র	Syphon
—	বিবৃদ্ধ গতি	বিবৃদ্ধ গতি	Accelerated motion
—	—	বহির্ব্বাহ	Exosmose
—	—	—	Trade winds
—	—	পেষণ যন্ত্র	Water-press
—	—	—	Water-level
—	—	—	Hydrometer
—	—	—	Hydrostatic balance
বায়বীয় পদার্থ	বায়বীয় পদার্থ	বায়বীয় পদার্থ	Gaseous substances
বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্র	বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্র	বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্র	Air-pump .
বায়ুমান যন্ত্র	বায়ুমান যন্ত্র	বায়ুমান যন্ত্র	Barometer
বিপ্রকর্ষণ	বিপ্রকর্ষণ	বিপ্রকর্ষণ	Repulsion, molecular, magnetic &c.
বিকিরণ	বিকীরণ	বিকিরণ	Radiation of heat, light
—	—	—	Negative photograph
—	—	—	Magnifying glass
বক্রগতি	বক্রগতি	—	Refraction of heat, light
বিভাজ্যতা	বিভাজ্যতা	বিভাজ্যত্ব	Divisibility
বিষম গতি	বিষম গতি	বিষম গতি	Varied motion
—	—	সংসক্তি	Adhesion
বিস্তৃতি	বিস্তৃতি	ব্যাপকত্ব	Extension
বেগ	বেগ	বেগ	Velocity

বৈজ্ঞানিক শব্দ	অক্ষয় বাবু	মহেন্দ্র বাবু
শক্তি	—	—
শতাংশিক	—	শতাংশিক
শীঘ্র বাষ্পায়নশীল	—	বাষ্পপরিণামশীল
শূন্য	—	—
শৈত্যোৎপাদক মিশ্রণ	—	—
শোষণ	শোষণ	পরিশোষণ
সঙ্ঘাত বল	মিশ্রগতি	সঙ্ঘাত বল
সঞ্চারণ	—	সঞ্চারণ
সপ্রভ	—	সপ্রভ
সংবেগ	বেগবল	সংবেগ
সমগতি	সমগতি	সমবেগ
সমসংহতি	যোগাকর্ষণ	সংহতি
সান্তরতা	✓ সান্তরতা	সান্তরত্ব
সান্দ্রায়নাঙ্ক, সঙ্ঘাতাঙ্ক	—	—
সাপেক্ষ গতি	আপেক্ষিক গতি	সাপেক্ষ গতি
সামগ্রীপরিমাণ	—	সামগ্রী
সৌর দর্শন	—	—
স্থানাবরোধকতা	স্থিতি বিরোধ	স্থানাবরোধকত্ব
স্থায়ী সাম্যভাব	—	স্থায়ী সাম্যভাব
স্থিতিস্থাপকতা	স্থিতিস্থাপকতা	স্থিতিস্থাপকতা
স্ফুটন	—	—
স্ফুটনাঙ্ক	—	স্ফুটন বিন্দু
স্বচ্ছ	স্বচ্ছ	স্বচ্ছ
হ্রসমানগতি	হ্রাসমানগতি	হ্রসমানবেগ

যোগেশ বাবু	উমেশ বাবু	সূর্য্য বাবু	ইংরাজি প্রতিশব্দ
—	—	—	Power
শতাংশিক	সেণ্টিগ্রেড্	শতাংশিক	Centigrade scale
—	—	—	Volatile
—	—	—	Vacuum
—	—	—	Freezing mixture
শোষণ	বিশোষণ	পরিশোষণ	Absorption of heat, light
—	সঙ্ঘাতবল	সঙ্ঘাতবল	Resultant forces, motion
সঞ্চারণ	—	—	Induction, electric, magnetic
স্বপ্রকাশ	—	—	Luminous
—	—	—	Momentum
সমগতি	সমগতি	সমগতি	Uniform motion
সংহতি	—	সংহতি	Cohesion
সান্তরতা	সান্তরতা	সান্তরত্ব	Porosity
—	—	—	Freezing point
—	—	সাপেক্ষগতি	Relative motion
—	—	—	Mass
সৌর দর্শন	—	—	Solar spectrum
স্থানাবরোধকতা	অবরোধকত্ব	অবরোধকত্ব	Impenetrability
—	স্থায়ী স্থিরভাব	স্থায়ী সাম্যভাব	Stable equilibrium
—	—	স্থিতিস্থাপকত্ব	Elasticity
—	—	উৎসেচন	Ebullition
স্ফুটনাঙ্ক	স্ফুটনাঙ্ক	স্ফুটন বিন্দু	Boiling point
স্বচ্ছ	স্বচ্ছ	—	Transparent
—	হ্রস্বমানগতি	হ্রসমানগতি	Retarded motion

প্রশ্ন।

(মধ্য ছাত্রবৃত্তি পরীক্ষার নির্দ্দিষ্ট অংশ হইতে এই প্রশ্নগুলি প্রদত্ত হইল। যে প্রকরণের প্রশ্ন তাহার সংখ্যা দেওয়া গেল)

১।—১। জড় পদার্থ কাহাকে বলে ?

২।—১। জড় পদার্থ কয় প্রকার ?

২। একটী রূঢ়, একটী যৌগিক ও একটী মিশ্র পদার্থের নাম করিয়া উহাদের প্রভেদ বুঝাইয়া দাও।

৩।—১। পদার্থ বিদ্যার আলোচ্য বিষয় কি ?

২। পদার্থ বিদ্যা ও রসায়ন বিদ্যাতে প্রভেদ কি ?

৪।—১। একটী দৃষ্টান্ত লইয়া পদার্থের সামগ্রীপরিমাণ, গাঢ়তা ও আয়তন বুঝাইয়া দাও।

৫।—১। জড় পদার্থ কিরূপে গঠিত ?

২। অণু ও পরমাণুতে প্রভেদ কি ?

৩। পদার্থের অণু সকলের মধ্যে ফাঁক থাকিবার কারণ কি ?

৬।—১। পদার্থের কয়টী অবস্থা ?—কি কারণে অবস্থাবিভেদ হয় ?

৭।—১। জড় পদার্থের সাধারণ ধর্ম্ম কাহাকে বলে ?—সাধারণ ধর্ম্ম-গুলির নাম বল।

২। পদার্থের বিশেষ ধর্ম্ম কাহাকে বলে ?—কতকগুলি বিশেষ ধর্ম্মের নাম বল।

৮।—১। বিস্তৃতি কাহাকে বলে ?

২। পদার্থের কয়টী পরিমাণ ?

৩। রেখা, ক্ষেত্র ও আয়তন কিসে হয় ?

৯।—১। স্থানাবরোধকতা কাহাকে বলে ?—দৃষ্টান্ত দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

১০।—১। বিভাজ্যতা কাহাকে বলে ?—উহার প্রমাণ দাও।

২। পরমাণু বিভাজ্য হইতে পারে না কেন ?

১১।—১। অনশ্বরত্ব কাহাকে বলে ?—দৃষ্টান্ত দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

১২।—১। সান্তরতা কাহাকে বলে ?

২। দৃষ্টান্ত দ্বারা দুই প্রকার অন্তরের প্রভেদ বুঝাইয়া দাও।

৩। একটী কঠিন, একটী দ্রব ও একটী বায়বীয় পদার্থের সান্তরতা প্রমাণ কর।

*৪। কিরূপে জল শোধন করে ?

১৩।—১। আকুঞ্চনীয়তা কাহাকে বলে ?

২। প্রসারণীয়তা কাহাকে বলে ?
৩। পদার্থের কি গুণ না থাকিলে আকুঞ্চিত হইতে পারিত না ?
৪। কঠিন পদার্থ কখন ভাঙ্গিয়া যায় ?
৫। জলের আকুঞ্চনীয়তার পরিমাণ কত ?
৬। বায়বীয় পদার্থের আকুঞ্চনীয়তার প্রমাণ বল।

১৪।—১। স্থিতিস্থাপকতা কাহাকে বলে ?
২। কত প্রকারে স্থিতিস্থাপকতার পরিচয় পাওয়া যায় ?—প্রত্যেক প্রকারের একটী করিয়া দৃষ্টান্ত দাও।
৩। কিরূপ পদার্থ পূর্ণমাত্রায় স্থিতিস্থাপক ?
৪। এমন কতকগুলি পদার্থের নাম কর, যাহারা অত্যন্ত অধিক স্থিতিস্থাপক ? এবং এমন কতকগুলির নাম কর, যাহারা অতি অল্পই স্থিতিস্থাপক ?
৫। পদার্থের স্থিতিস্থাপকতার সীমা না জানিলে মিস্ত্রিদিগের কি অসুবিধা হইত ?
৬। রবারের বল মাটির উপর পড়িলে লাফাইয়া উঠে কেন ?

১৫।—১। স্থিতি কাহাকে বলে ?
২। নিরপেক্ষ ও সাপেক্ষ স্থিতির প্রভেদ বুঝাইয়া দাও।

১৬।—১। গতি কাহাকে বলে ?
২। নিরপেক্ষ ও সাপেক্ষ গতির প্রভেদ বুঝাইয়া দাও।
৩। নিরপেক্ষ স্থিতি ও গতি অসম্ভব কেন ?

১৭।—১। বিবিধ প্রকার গতির বিবরণ বল।

১৮।—১। গতির অঙ্গ কয়টী ?
২। বেগ কাহাকে বলে ?—বেগের হার কিরূপে নিরূপিত হয় ?

১৯,২০।—১। নিশ্চেষ্টতা কাহাকে বলে ?
২। একটী মার্ব্বেল গড়াইয়া দিলে, উহা থামে কেন ?
৩। নিশ্চেষ্টতার চির সচল গতির একটী দৃষ্টান্ত দাও।
৪। নিশ্চেষ্টতার কয়েকটী দৃষ্টান্ত বল।

২১।—১। বল কাহাকে বলে ?—বলের কয়েকটী দৃষ্টান্ত বল।
২। শক্তি ও বাধা কাহাকে বলে ?

২২।—১। ঘর্ষণ-বল কাহাকে বলে ?
২। ঘর্ষণ-বল না থাকিলে কি ক্ষতি হইত ?

২৩,২৪।—১। বলের কি কি অঙ্গ ?
২। বল কিরূপে প্রকাশিত হয় ?

২৫ ।—১। কিরূপ হইলে একাধিক বলের সাম্যাবস্থা হয় ?

২। সজ্জাত বল কাহাকে বলে ?

৩। কোন বিন্দুতে এক দিক্ হইতে কয়েকটী বল প্রযুক্ত হইলে উহাদের সজ্জাত বলের পরিমাণ ও দিক্ কি হইবে ?

৪। কোন বিন্দুতে ঠিক্ বিপরীত দিক্ হইতে কয়েকটী বল প্রযুক্ত হইলে উহাদের সজ্জাত বলের পরিমাণ ও দিক্ কি হইবে ?

৫। বল-সমান্তরক্ষেত্রঘটিত নিয়মটী চিত্র আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।

৬। বল-বিষয়ক বহুকোণী ক্ষেত্র কিরূপে উৎপন্ন হয় ?—উহাতে সজ্জাতবলের দিক্ ও পরিমাণ কিরূপে প্রকাশিত হয় ?

৭। সমান্তরাল বলের সজ্জাতবল কিরূপে নিরূপিত হয় ?

২৬ ।—১। চিত্র আঁকিয়া বল-বিঘাত বুঝাইয়া দাও।

২৭ ।—১। সমান্তরাল বলের কেন্দ্র কি ?

২৮ ।—১। বলদ্বন্দ্ব কিরূপে উৎপন্ন হয় ?

২৯ ।—১। বক্রগতি উৎপন্ন হইবার কয়েকটী কারণ নির্দ্দেশ কর।

৩০ ।—১। গতি-প্রতিক্ষেপের নিয়ম কি ?

৩১ ।—১। গতির কয়টী নিয়ম ?— নিয়মগুলি কি কি ?

২। এক একটী প্রমাণ দিয়া প্রত্যেক নিয়ম প্রতিপন্ন কর।

৩২ ।—১। সংবেগ কিরূপে নিরূপিত হয় ?

২। বেগ ও সংবেগে প্রভেদ কি ?—দৃষ্টান্ত দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

৩৩ ।—১। পাদার্থিক আকর্ষণ কাহাকে বলে ?—উহার নিয়ম কি ?

৩৪, ৩৫ ।—১। মাধ্যাকর্ষণ কাহাকে বলে ?

২। ভার কাহাকে বলে ?

৩। নিরক্ষ দেশ অপেক্ষা মেরুপ্রদেশে পদার্থের ভার বাড়ে কেন ?

৪। প্রধানতঃ কিসের অনুপাতে পদার্থের ভারের তারতম্য হয় ?

৫। গুরুত্ব পতন-নিয়ামক নহে, তাহার কারণ ও প্রমাণ কি ?

৬। মাধ্যাকর্ষণ ও ভারে প্রভেদ কি ?

৭। মাধ্যাকর্ষণ না থাকিলে কি ক্ষতি হইত ?

৮। মনে কর, পৃথিবীর ভিতরটা ফাঁপা, আমাদের দাঁড়াইবার জন্য উপরে একটী খোসামাত্র আছে, তাহা হইলে এক ড্যালা সীসার ভারের কোন ব্যতিক্রম হয় কি না ?

৯। মনে কর, তোমার পায়ের তলায় পৃথিবী নাই, শূন্যের উপর দাঁড়াইয়া তুমি এক সের সীসা হাতে লইলে ; উহা ভারী বোধ হইবে কি না ?

৩৬।—১। ভারকেন্দ্র কাহাকে বলে ?
২। কি হইলে পদার্থ উপর হইতে নিয়ে পড়ে না ?
৩। সরল রেখা, বৃত্ত, স্তম্ভ ও আয়তক্ষেত্রের ভারকেন্দ্র কোথায় ?
৪। পদার্থের ভূমি কাহাকে বলে ? ভূমির সম্পর্কে ভারকেন্দ্র কিরূপ থাকিলে পদার্থ পড়িয়া যায় না ? এবং কিরূপ থাকিলে পড়িয়া যায় ?

৩৭।—১। সকল পদার্থেরই কি ভারকেন্দ্র আছে ?
২। কোন পদার্থ চারিদিকে অবাধে ঘুরিতে ফিরিতে পারে, তাহার ভারকেন্দ্র কোথায় থাকিবে ?
৩। বিস্তৃত সমতল ভারী পদার্থের ভারকেন্দ্র স্থির করিবার প্রণালী কি ? অন্য প্রকারের বস্তুর ভারকেন্দ্র ঐ প্রণালীতে নিরূপণ করা যায় কি না ? তোমার উত্তরের কারণ বল।

৩৮।—১। সাম্যভাব কয় প্রকার ? প্রত্যেক প্রকারের দৃষ্টান্ত দাও।

৩৯।—১। একটী সাধারণ তুলাদণ্ডের চিত্র অঙ্কিত কর।
২। যে বিন্দুতে তুলাদণ্ড ঝুলান থাকে, তাহার উপর দিকে উহার ভারকেন্দ্র থাকিতে পারে না কেন ?
৩। দণ্ডটী এক দিকে হেলাইয়া দিলে পুনরায় সমতল হয় কেন ?

৪০।—১। পতনশীল বস্তুর পড়িবার নিয়ম কি কি ?

৪১।—১। আণবিক আকর্ষণ মূলতঃ কয় প্রকার ?

৪২,৪৩।—১। সংহতি কাহাকে বলে ? একটী দৃষ্টান্ত দাও।
২। সংহতি কয় প্রকার ? প্রত্যেক প্রকারের দৃষ্টান্ত দাও।

৪৪—৪৬।—১। কৈশিকতা যে সংহতির কার্য্য তাহা বুঝাইয়া দাও।
২। দৃষ্টান্ত দিয়া কৈশিক উন্নতি ও অবনতি বুঝাইয়া দাও।
৩। এই আকর্ষণের নাম কৈশিকতা হইল কেন ?
৪। কি কি নিয়মে কৈশিকাকর্ষণের কার্য্য হয় ?
৫। কৈশিকতার কয়েকটী দৃষ্টান্ত বল।
৬। দরজা, কবাট গ্রীষ্মকালে ফাটিতে থাকে কেন ?
৭। নূতন কাপড় কি দড়ি জলে ভিজিলে প্রসারিত হয়, না সঙ্কুচিত হয় ? তোমার উত্তরের কারণ বল।

৪৭।—১। অন্তর্ব্বাহ ও বহির্ব্বাহ কাহাকে বলে ?
২। উহার মধ্যে সংহতির কার্য্য বুঝাইয়া দাও।

৪৮,৪৯।—১। মাধ্যাকর্ষণ ও সংহতিতে প্রভেদ কি ?
২। সংহতি না থাকিলে কি ক্ষতি হইত ?

৫০,৫১।—১। রাসায়নিক সংসক্তি কাহাকে বলে ?
২। মাধ্যাকর্ষণ ও সংহতি হইতে রাসায়নিক সংসক্তির প্রভেদ কি ?

৩। রাসায়নিক সংসক্তি না থাকিলে কি ক্ষতি হইত ?

৫২।—১। কঠিন পদার্থ কাহাকে বলে ?

২। কঠিন পদার্থের আকার বা আয়তন কি আদৌ পরিবর্ত্তন হয়না ?

৩। দৃষ্টান্ত দ্বারা আয়তন ও আকারের প্রভেদ বুঝাইয়া দাও।

৫৩।—১। কঠিন পদার্থের প্রধান প্রধান ধর্ম্মগুলি বল।

৫৪।—১। টানসহত্ব কাহাকে বলে ?

২। কোন পদার্থের টানসহত্বগুণের সীমা কিরূপে নিরূপণ করে ?

৩। যাহা সহজে ভাঙ্গে না, তাহাই কি অধিক টানসহ ? দৃষ্টান্ত দ্বারা তোমার উত্তর প্রতিপন্ন কর।

৫৫।—১। দৃঢ়তা কাহাকে বলে ?

২। কোমলতা কাহাকে বলে ?

৩। দৃঢ়তা ও কোমলতা যে আপেক্ষিক গুণ ইহা দৃষ্টান্তদ্বারা বুঝাও।

৪। কতকগুলি ধাতুকে ইচ্ছানুসারে দৃঢ় অথবা কোমল করা যায়। কি উপায়ে তাহা হয়, দৃষ্টান্ত সহিত বল।

৫৬।—১। ভঙ্গপ্রবণতা কাহাকে বলে ?

৫৭।—১। আঘাতসহত্ব কাহাকে বলে ?

২। দ্রব্যের আঘাতসহত্ব গুণ কিসে বাড়ে ?

৩। কোন্ কোন্ ধাতুকে শীতল অবস্থায় পিটিলে উত্তম পাত হয় ? অপরাপর ধাতুকে কি অবস্থায় পিটিলে ভাল পাত হয় ?

৪। আঘাতসহত্ব গুণ অবলম্বন করিয়া ধাতু সকলের একটী ক্রমিক তালিকা প্রস্তুত করিয়া দাও।

৫৮।—১। তান্তবতা কাহাকে বলে ?

২। আঘাত-সহত্বের সহিত তান্তবতার কোন সম্বন্ধ আছে কি না ? দৃষ্টান্ত দিয়া তোমার উত্তর প্রতিপন্ন কর।

৩। তান্তবতা গুণ অবলম্বন করিয়া ধাতু সকলের একটী ক্রমিক তালিকা প্রস্তুত করিয়া দাও।

৫৯।—১। দ্রব পদার্থ কিরূপ ?

৬০।—১। দ্রব পদার্থ প্রায় আকুঞ্চিত হয় না, পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

৬১।—১। পাস্কালের নিয়মটী পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

২। একটী বর্গাকৃতি অর্গলের এক পার্শ্বের পরিমাণ দুই ইঞ্চ, উহার উপর জলের চাপ দশ সের; তাহা হইলে যে বর্গাকৃতি অর্গলের পার্শ্ব পরিমাণ তিন ইঞ্চ, তাহার উপর কত চাপ পড়িবে ?

৬২।—১। বারিঘটিত পেষণযন্ত্রের কার্য্যে পাস্কালের নিয়মটী বুঝাইয়া দাও।

২। একটী পেষণ যন্ত্রের বৃহত্তর অর্গলের পৃষ্ঠপরিমাণ ক্ষুদ্রতরটীর অপেক্ষা আশীগুণ অধিক; ক্ষুদ্রতর অর্গলের উপর পনর সের চাপ দিলে বৃহত্তর অর্গলটী কত বলে ঠেলিবে ?

৩। পেষণ যন্ত্রের ক্ষুদ্রতর অর্গল যত শীঘ্র নামে, বৃহত্তর অর্গল কি তত শীঘ্র উঠে ?

৬৩।—১। দ্রব পদার্থের উপরিভাগ নিয়তই সমতল থাকে, ইহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

২। তবে কি সমুদ্রের পৃষ্ঠদেশ পৃথিবীর সহিত বর্ত্তুলাকার নহে ?

৩। কৈশিকতাতে দ্রব পদার্থের উপরিভাগ কি সমতল থাকে, না অন্যথা হয় ? তোমার উত্তরের কারণ বল।

৪। উৎস কিরূপে উৎপন্ন হয় ?

৫। উষ্ণ প্রস্রবণের উষ্ণতা কি কারণে হয় ?

৬৪।—১। একটী সমতল-নিরূপক যন্ত্র অঙ্কিত করিয়া উহার বিবরণ বল।

৬৫।—১। দ্রব পদার্থের চাপের পরিমাণ কিরূপে নিরূপিত হয়, পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

২। দ্রব পদার্থের চাপ উহার পরিমাণ কি আধারপাত্রের আকৃতি-সাপেক্ষ নহে, ইহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

৩। একটী পুষ্করিণীতে দশ হাত জলের নিম্নে একটী পাত্রের উপর দশ সের চাপ পড়ে, পঁচিশ হাত নিম্নে কত চাপ পড়িবে ?

৪। একটী ক্ষুদ্র পুষ্করিণীর দশ হাত নিম্নে যত চাপ, তদপেক্ষা বৃহত্তর পুষ্করিণীর দশ হাত নিম্নে তদপেক্ষা অধিক না অল্প চাপ হইবে ?

৫। গভীর জলে বোতল ডুবাইয়া জলের চাপ কিরূপে বুঝা যায় ?

৬৬।—১। আর্কিমিডিসের নিয়মটী কি ? উহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

৬৭।—১। কিরূপ পদার্থ জলে ডুবে ? কেন ?

২। কিরূপ পদার্থ জলে ডুবেও না ভাসেও না ? কেন ?

৩। কিরূপ পদার্থ জলে ভাসে ? কেন ?

৬৮।—১। আপেক্ষিক গুরুত্ব কাহাকে বলে ?

২। সকল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কি জলের তুলনায় ধরা হয় ?

৬৯।—১। কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নিরূপণ করে ?

২। কিঞ্চিৎ বিশুদ্ধ স্বর্ণ বায়ুতে ওজন করিলে ৫৭ রতি হইল, কিন্তু জলে ৫৪ রতি হয়, উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

৭০।—১। দ্রব পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নিরূপণ করে ?

৭১।—১। জল অপেক্ষা লঘুতর দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নিরূপণ করে ?

৭২।—১। মিশ্র পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নিরূপণ করে ?

২। কিঞ্চিৎ স্বর্ণ বায়ুতে ওজন করিলে ৭৬ রতি হয়, কিন্তু জলে ওজন করিলে ৭০ রতি হয়, স্বর্ণটুকু খাঁটি কি না ? তোমার উত্তরের কারণ বল।

৩। এক খণ্ড পাথর বায়ুতে ওজন করিলে ২০০ রতি হয়, জলে ১৫০ রতি হয়। আর এক খণ্ড ঐরূপ পাথর বায়ুতে ৫৬০ রতি হইল, জলে কত হইবে ?

৭৩।—১। বারিমাণ যন্ত্র কাহাকে বলে ?

৭৪।—১। ভারী অথবা লঘু, কোন্ দ্রব পদার্থের উত্তাসনী শক্তি অধিক ?
২। এমন একটী পদার্থের নাম কর, যাহাতে লৌহ ভাসে।
৩। বিশুদ্ধ অথবা লবণাক্ত, কোন্ জলে মানুষ সহজে ভাসে ? মানুষ সহজে ডুবে না, এমন একটী জলাশয়ের নাম কর।
৪। কোন দ্রব পদার্থের উপর কোন বস্তু রাখিলে সেই বস্তু ঐ দ্রব পদার্থের যতটুকু অংশ অধিকার করে, ততটুকু অংশের যত ভার বস্তুটীর ভার হইতে তত ভার কমিয়া যায়, ইহার কারণ পরিষ্কার করিয়া বুঝাইয়া দাও।

৫৯—৭৪।—১। দ্রব পদার্থের বিশেষ ধর্ম্মগুলি বল।

৭৫—৭৮।—১। বায়বীয় পদার্থ কাহাকে বলে ?
২। দ্রব ও বায়বীয় পদার্থে প্রভেদ কি ?
৩। উহাদের সাদৃশ্যই বা কি ?
৪। বায়বীয় পদার্থ কয় প্রকার ?
৫। গ্যাস ও বাষ্পে প্রভেদ কি ?

৭৯।—১। বায়ুর চাপ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

৮০।—১। দ্রব ও বায়বীয় পদার্থের চাপের নিয়মে প্রভেদ কি ?
২। বায়বীয় পদার্থের চাপ পাত্রের আয়তনের বিপরীতানুপাতে হয়, ইহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

৮১।—১। পৃথিবী বায়ুকে আকর্ষণ করে, না তাড়াইয়া দেয় ? পরীক্ষা দ্বারা তোমার উত্তর প্রতিপন্ন কর।
২। প্রমাণ কর যে কতকগুলি বায়বীয় পদার্থ অপর অপেক্ষা ভারী।
৩। প্রমাণ কর যে কতকগুলি বায়বীয় পদার্থ অপর অপেক্ষা লঘু।

৮২।—১। বায়ুমণ্ডলের গভীরতা কত ?
২। মনুষ্য শরীরের উপর বায়ুমণ্ডলের চাপ কত ?
৩। এত চাপ সত্বে কাগজাদি লঘু পদার্থ বায়ুতে উড়ে কেন ? আমরাই বা কেমন করিয়া অনায়াসে হাত পা নাড়ি ?

৮৩।—১। ঝারির পরীক্ষাতে বায়ুর উর্দ্ধচাপ প্রমাণ কর।

৮৪।—১। "একমণ লৌহ ও একমণ তুলা সমান ভারী নয়," ইহার কারণ কি বুঝাইয়া দাও।

৮৫।—১। বেলুন কিসে বায়ুর উপরে উঠে ?

৮৬—৮৭।—১। বায়ুমান যন্ত্র কিরূপে প্রস্তুত করে ?

২। বায়ুমানে পারদ স্তম্ভ কত উচ্চ হয় ?

৩। টরিসেলীয় শূন্য কাহাকে বলে ?

৪। পর্ব্বতের উপর বায়ুমানের পারদ স্তম্ভ অল্প উচ্চ হয় কেন ?

৫। বায়ুমানে আকাশের অবস্থা কিসে বুঝা যায় ?

৮৮।—১। অর্গল, চোঙ্, চোরা কবাট কাহাকে বলে ?

২। বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্রটী আঁকিয়া উহার কার্য্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও।

৩। একটী পাত্রের পরিমাণ ৯০ ঘন ইঞ্চ ; একটী বায়ুনিষ্কাশন যন্ত্রের চোঙের পরিমাণ ১০ ঘন ইঞ্চ। অর্গলটী একবার তুলিলে ও নামাইলে পাত্রের কত ভাগ বায়ু বাহির হইবে ?

৮৯,৯০।—১। বায়ুমানে পারদের স্থানে জল লইলে কত উচ্চ হইবে ?

২। জলোত্তোলনযন্ত্রটী আঁকিয়া উহার কার্য্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও।

৩। চৌবাচ্চার জলের উপর হইতে নিম্নকবাট পর্য্যন্ত উচ্চতা ৩০ ফুটের অধিক হইলে জলোত্তোলন যন্ত্রের কার্য্য চলেনা কেন ?

৪। পর্ব্বতের উপরে জলের উপর হইতে নিম্ন কবাটের উচ্চতা ৩০ ফুট অপেক্ষা কমান কি বাড়ান আবশ্যক ?

৫। কখন কখন যন্ত্রের কার্য্য আরম্ভ করিবার পূর্ব্বে অর্গলের উপর কিঞ্চিৎ জল ঢালিয়া দিতে হয়, ইহার উদ্দেশ্য কি ?

৬। একটী সাইফন আঁকিয়া উহার কার্য্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও।

৭। বায়ুমণ্ডলের চাপ সাইফনের ক্রিয়াতে কিরূপ কার্য্য করে ?

৭৫—৯০।—১। বায়বীয় পদার্থের বিশেষ ধর্ম্মগুলি বল।

১০৩।—১। তাপ জিনিসটা কি ?

২। শীতল পদার্থ অপেক্ষা তাপপ্রাপ্ত পদার্থ কি অধিক ভারী ?

৩। যদি তাপ এক প্রকার গতি হয়, তাহা হইলে তাপপ্রাপ্ত পদার্থের অণুগুলির গতি চক্ষুতে দেখা যায় না কেন ?

৪। কম্পমান পদার্থ সম্বন্ধে দুইটী জিনিস জানা আবশ্যক, কি কি ?

৫। তাপপ্রাপ্ত পদার্থসম্বন্ধে দুইটী জিনিস জানা আবশ্যক কি কি ?

১০৪।—১। একটী ধাতুময় দণ্ডে তাপ দিলে উহার দৈর্ঘ্য বাড়ে, পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

২। একটী কাচকুণ্ডের উপরে একটী লম্বা নল আছে ; কুণ্ডে জল দিয়া তাপ দিলে কি ঘটে ?

৩। একটী রবারের থলির ভিতর তিনের দুই ভাগ বায়ু পুরিয়া তাপ দিলে কি ঘটে ?

১০৫,১০৬।—১। একটী পারদ ঘটিত তাপমান যন্ত্রের সাধারণ বিবরণ বল। কি প্রণালীতে উহার কার্য্য হয় ?

২। তাপমানে পারদ পূরিবার ও মুখ আঁটিবার প্রণালী কি ?
৩। দ্রবণাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, সন্তাপাঙ্ক ও তাপাংশ কাহাকে বলে ?
৪। সেণ্টিগ্রেড তাপমানের গায়ে তাপাংশের চিহ্ন দিবার প্রণালী কি ? ইহাকে সেণ্টিগ্রেড বলে কেন ?
৫। ফারেনহীট তাপমানে কিরূপ ডিগ্রি ভাগ হয় ?
৬। ফারেনহীট তাপমানে সুস্থ মনুষ্যের রক্তের তাপ কত ?
৭। আমাদের দেশে শীত ও গ্রীষ্মকালে বায়ুর তাপ কত হয় ?

১০৭—১১০ ।—১। কাচ ও সীসার মধ্যে কোনটী অধিক প্রসারিত হয় ?
২। প্লাটিনম্ ও দস্তার মধ্যে কোন্‌টী অধিক প্রসারিত হয় ?
৩। তাপমানের সাহায্যে প্রমাণ কর যে, কঠিন অপেক্ষা দ্রব পদার্থ অধিক প্রসারিত হয় ?
৪। দ্রব পদার্থ উচ্চ না নিম্ন তাপাংশে অধিক প্রসারিত হয় ?
৫। দ্রব না বায়বীয় পদার্থ অধিক প্রসারিত হয় ?
৬। তাপ ভিন্ন অন্য কি কারণে বায়বীয় পদার্থ প্রসারিত হয় ?
৭। দ্রবণাঙ্কে একটী বায়ুপূর্ণ থলির আয়তন ৫০০ ঘন ইঞ্চ হইলে স্ফুটনাঙ্কে উহার আয়তন কত হইবে ?
৮। বায়বীয়পদার্থসমূহের প্রসারণপরিমাণের তারতম্য আছে কি ?
৯। পরীক্ষা দ্বারা দেখাও যে দ্রব পদার্থ প্রভূত বলে প্রসারিত হয় ?
১০। গাড়ির চাকায় কিরূপে লৌহের বেড় পরায় ?
১১। রেলের রাস্তায় রেলখণ্ডগুলির মাঝে মাঝে ফাঁক থাকে কেন ?

১১১ ।—১। আপেক্ষিক তাপ কাহাকে বলে ?
২। কোন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ সর্ব্বাপেক্ষা অধিক ? কোন্ পদার্থের আপেক্ষিক তাপ অত্যন্ত কম ? পরীক্ষা দ্বারা তোমার উত্তর প্রতিপন্ন কর।

১১২ ।—১। তাপ পাইলে পদার্থের অবস্থা কিসের পর কিসে পরিবর্ত্তিত হয় ?
২। এক খণ্ড লৌহ উত্তাপে শ্বেতবর্ণ হইয়াও কঠিন রহিয়াছে। আর এক খণ্ড লৌহ তাপে গলিয়া গিয়াছে। দুইটীর মধ্যে কোনটীর তাপ অধিক ?
৩। এক খণ্ড লৌহ উত্তাপে গলিয়া গিয়াছে, আর এক খণ্ড বাষ্প হইয়া উড়িয়া যাইতেছে ; কার তাপ অধিক ?
৪। এমন একটী দ্রব পদার্থের নাম কর, যাহা কখন জমে নাই।
৫। এমন একটী বায়বীয়পদার্থের নাম কর,যাহা কখন দ্রব হয়নাই।
৬। কোন পদার্থ শীতল বলিলে কি বুঝায় ?
৭। তাপ নিরূপণের জন্য আমাদের স্পর্শ জ্ঞানের উপর নির্ভর করা যায় কিনা ? পরীক্ষা দ্বারা তোমার উত্তর প্রতিপন্ন কর।
৮। কোন পদার্থের দ্রবণাঙ্ক বলিলে কি বুঝায় ?

৯। লৌহ ও রৌপ্যের দ্রবণাঙ্ক কত ?

১০। এমন দুইটী পদার্থের নাম কর, যাহা কখন গলে নাই।

১১। তাপে পৃথিবীর সকল পদার্থের কি একই প্রকার পরিবর্ত্তন ঘটে

১১৩—১১৮।—১। জলের প্রচ্ছন্ন তাপ কাহাকে বলে ? পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

২। ০° ডিগ্রির এক সের বরফ ১০০° ডিগ্রির একসের জলীয় বাষ্পের সহিত মিশ্রিত করিলে, মিশ্রিত পদার্থের তাপ কি ৫০° ডিগ্রি, না কম বেশী হইবে ?

৩। জলীয় বাষ্পের প্রচ্ছন্ন তাপ কাহাকে বলে ? পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

৪। জলের প্রচ্ছন্ন তাপ কত ?

৫। জলীয় বাষ্পের প্রচ্ছন্ন তাপ কত ?

৬। প্রচ্ছন্ন তাপ না থাকিলে কি অসুবিধা হইত ?

৭। জল ভিন্ন অপর পদার্থের প্রচ্ছন্ন তাপ আছে কিনা ?

৮। প্রকৃত বাষ্প অদৃশ্য, ইহা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

১১৯—১২২।—১। বাষ্প নিঃসরণ ও স্ফুটনে প্রভেদ কি ?

২। ৪৮°ও১২° ডিগ্রির জলের ও ৮° ডিগ্রির বরফের বাষ্প কত উষ্ণ

৩। ঘটী না থালা, কিসে জল রাখিলে অধিক বাষ্প নিঃসৃত হইবে ? তোমার উত্তরের কারণ বল।

৪। বাতাস স্থির থাকিলে না চলিতে থাকিলে জলাশয় হইতে অধিক বাষ্প নিঃসৃত হয় ? তোমার উত্তরের কারণ বল।

৫। স্ফুটনাঙ্ক কিসের উপর নির্ভর করে ? পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ কর।

৬। পর্ব্বতের উপর হংস ডিম্ব সিদ্ধ করা বড় কঠিন কেন ?

৭। পর্ব্বতের উপর ও খনির তলায় জলের স্ফুটনাঙ্ক ১০০° ডিগ্রির উচ্চে না নিম্নে হইবে ?

৮। জল কঠিন হইতে দ্রব হইলে প্রসারিত হয়, না সঙ্কুচিত হয় ? পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

৯। এই বিষয়ে জলের সমধর্ম্মী একটী পদার্থের নাম কর।

১০। এই বিষয়ে জলের বিপরীতধর্ম্মী একটী পদার্থের নাম কর।

১১। ইস্পাতের দ্রব্যাদি ছাঁচে ঢালে, কিন্তু স্বর্ণ রৌপ্যের দ্রব্যাদি ছাপিতে হয়, ইহার কারণ কি ?

১২। বাষ্প হইবার সময় কোন দ্রব পদার্থ কি সঙ্কুচিত হইতে পারে ?

১৩। এক ঘন ইঞ্চ ফুটন্ত জল বাষ্প হইলে কত স্থান অধিকার করে

১৪। সকল পদার্থই কি কঠিন হইতে ক্রমশঃ দ্রব ও বাষ্প এবং বাষ্প হইতে ক্রমশঃ দ্রব ও কঠিন হয় ? এ নিয়মের ব্যতিক্রম থাকে ত দৃষ্টান্ত দাও।

১২৩,১২৪ ।—১। তাপে রাসায়নিকমিলনের সাহায্য করে,ইহার দৃষ্টান্ত দাও
২। রাসায়নিক মিলনে কি সর্ব্বদা তাপ উৎপন্ন হয়?
৩। দুইটী পদার্থের মিলনে তাপের হ্রাস হইল, এমন একটী দৃষ্টান্ত দাও। তাপ হ্রাসের কারণ বুঝাইয়া দাও।
৪। যে দ্রব পদার্থ দ্রুত বাষ্প নিঃসরণ করে, তাহা অত্যন্ত শীতল হয়, ইহার কারণ কি?
৫। চিনি কি মিছিরীর সরবত ঠাণ্ডা হয় কেন?
৬। মাটীর কুঁজোতে জল শীঘ্র ঠাণ্ডা হয় কেন?
৭। পিত্তলের ঘড়াতে কি তত শীঘ্র ঠাণ্ডা হয়?
৮। কিরূপ পদার্থকে শীঘ্রবাষ্পায়নশীল বলে? কয়েকটীর নাম বল।

১২৫—১২৯ ।—১। তাপ সঞ্চালন কাহাকে বলে?
২। প্রধানতঃ কয় প্রকারে তাপ সঞ্চালিত হয়?
৩। পরিচালন, পরিবাহন ও বিকিরণের এক একটী দৃষ্টান্ত দাও।
৪। পরীক্ষাদ্বারা দেখাও যে কাচ ধাতু অপেক্ষা অধিক পরিচালক।
৫। পশু পক্ষী শীত হইতে কিরূপে রক্ষা পায়?
৬। বরফ করাতের গুঁড়া কিংবা কম্বলের ভিতর রাখে কেন?
৭। লৌহ ও তাম্রের আপেক্ষিক পরিচালকতা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।
৮। পরিচালন ও পরিবাহনে প্রভেদ কি?
৯। একটী জলপূর্ণ পাত্রের তলায় তাপ দিলে পাত্রের মধ্যে যে ভাবে প্রবাহ উৎপন্ন হয়, তাহা চিত্র আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।
১০। তাপ-পরিবাহনের গুণে জলাশয়ের সমস্ত জল বরফ হইতে পারে না, ইহা বুঝাইয়া দাও।
১১। বায়ুমণ্ডলের পরিবাহন প্রবাহ বুঝাইয়া দাও।
১২। বাণিজ্যবায়ু কাহাকে বলে?
১৩। শুইবার ঘরে রাত্রিতে অন্ততঃ একটী জানালা খুলিয়া রাখা আবশ্যক কেন?
১৪। কি কি পদার্থ পরিচালন ও কি কি পদার্থ পরিবাহনে উষ্ণ হয়?
১৫। সূর্য্যের তাপ কি উপায়ে পৃথিবীতে আইসে?
১৬। জল গরম করিলে তাহা হইতে কি তাপ বিকীর্ণ হয়?
১৭। একটী মাটির গোলা অগ্নিতে পুড়াইতে যত তাপ বৃদ্ধি করা যায়, ততই তাপরশ্মির কিরূপ প্রকৃতিভেদ হইতে থাকে?
১৮। উত্তপ্ত পদার্থ হইতে কি নিয়মে তাপ বিকীর্ণ হইতে থাকে?
১৯। এমন একটী পদার্থ বল যাহা অতি দ্রুত তাপবিকিরণ করে।
২০। এমন একটী পদার্থ বল যাহা অতি ধীরে তাপ বিকিরণ করে।
২১। কিরূপ পাত্রে গরম জল শীঘ্র ঠাণ্ডা হয়?

২২। শিশির কিরূপে উৎপন্ন হয়?

২৩। আকাশ কিরূপ থাকিলে অধিক শিশির হয়, আর কিরূপ থাকিলে অধিক হয় না? তোমার উত্তরের কারণ বল।

১৪৫।—১। তাপের প্রতিক্ষেপ ও পরিক্ষেপে প্রভেদ কি?

২। চিত্র আঁকিয়া তাপের বিবর্ত্তন বুঝাইয়া দাও।

৩। কিরূপ পদার্থ অধিক তাপ শোষণ করে, এবং কিরূপ পদার্থ অল্প তাপ শোষণ করে?

৪। একখানি দৃষ্টিকাচ সূর্য্য কিরণে ধরিয়া তাহার অধিশ্রয়ণ বিন্দুতে ক্রমান্বয়ে একখানি কালী মাখান কাগজ, একখানি শাদা কাগজ ও একখানি চিক্কণ রাংতা রাখিলে ফলের কি প্রভেদ হইবে? কারণ সহ তোমার উত্তর প্রতিপন্ন কর।

৫। শীতকালে কোন্ বর্ণের এবং গ্রীষ্মকালে কোন্ বর্ণের কাপড় ব্যবহার করা সুবিধা?

৬। বায়ুমণ্ডলের উপরিভাগ সূর্য্যের অধিক নিকটবর্ত্তী। তজ্জন্য বায়ুমণ্ডলের উপরিভাগ তলদেশ অপেক্ষা অধিকতর উষ্ণ কিনা? তোমার উত্তরের কারণ বল।

৭। পদার্থের তাপ-শোষণ শক্তি ও বিকিরণ শক্তির মধ্যে সম্বন্ধ কি?

৮। কৃষ্ণবর্ণ পদার্থ অধিক তাপ বিকিরণ করে কেন?

১৪৬।—১। এক খণ্ড সীসার উপর হাতুড়ী দ্বারা সজোরে আঘাত করিলে কি হয়?

২। এক খণ্ড কাঠের উপর একটী বোতাম ঘষিলে কিংবা কাঠে কাঠে ঘষিলে কি হয়?

৩। বাক্সের গায়ে দেশলাই ঘষিলে কি ফল হয়?

৪। দৃষ্টান্ত দ্বারা বুঝাইয়া দাও যে, তাপ গতিতে পরিণত হয়।

১৪৭।—১। কি হইতে তাপ উৎপন্ন হয়?

২। তাপোৎপত্তির যত প্রকার কারণ আছে, প্রত্যেক প্রকারের একটী করিয়া দৃষ্টান্ত দাও।

৩। ভূগর্ভের মধ্যে চির সমোষ্ণস্থল কাহাকে বলে?

৪। চির সমোষ্ণ রেখার নিম্নে পার্থিব তাপ কি হারে বৃদ্ধি হয়?